



TUGAS AKHIR – RC 14 -1501

**EVALUASI DAN USULAN TINDAKAN REMEDIAL  
DALAM PERENCANAAN DINDING PENAHAN  
TANAH BASEMENT APARTEMEN CASPIAN  
TOWER DENGAN MENGGUNAKAN SOLDIER PILE  
PADA PROYEK GRAND SUNKONO LAGOON  
SURABAYA**

VICKIE IBNU FATHUL HUDA  
NRP. 3114100039

Dosen Pembimbing I :  
Ir. Suwarno, M.Eng

Dosen Pembimbing II :  
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



## **TUGAS AKHIR – RC14-1501**

# **EVALUASI DAN USULAN TINDAKAN REMEDIAL DALAM PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH BASEMENT APARTEMEN CASPIAN TOWER DENGAN MENGGUNAKAN SOLDIER PILE PADA PROYEK GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA**

VICKIE IBNU FATHUL HUDA  
NRP. 03111440000039

Dosen Pembimbing 1  
Ir. Suwarno, M.Eng

Dosen Pembimbing 2  
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Phd

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



**FINAL PROJECT – RC14-1501**

**EVALUATION AND PROPOSAL REMEDIAL  
ACTION IN PLANNING RETAINING WALL  
BASEMENT CASPIAN TOWER APARTEMENT  
USING SOLDIER PILE IN GRAND SUNKONO  
LAGOON PROJECT SURABAYA**

VICKIE IBNU FATHUL HUDA  
NRP. 03111440000039

Academic Supervisor 1  
Ir. Suwarno, M.Eng

Academic Supervisor 2  
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Phd

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil, Environmenr and Geotechnology  
Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2018

**EVALUASI DAN USULAN TINDAKAN REMEDIAL  
DALAM PERENCANAAN DINDING PENAHAN  
TANAH BASEMENT APARTEMEN CASPIAN  
TOWER DENGAN MENGGUNAKAN *SOLDIER PILE*  
PADA PROYEK GRAND SUNKONO LAGOON  
SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**VICKIE IBNU FATHUL HUDA**

NRP. 03111440000039

Disetujui oleh:

1. Ir. Soewarno, M.Eng. (.....)
2. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D. (.....)



**SURABAYA, SEPTEMBER 2017**

# **EVALUASI DAN USULAN TINDAKAN REMEDIAL DALAM PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH BASEMENT APARTEMEN CASPIAN TOWER DENGAN MENGGUNAKAN *SOLDIER PILE* PADA PROYEK GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA**

**Nama Mahasiswa** : Vickie Ibnu Fathul Huda  
**NRP** : 03111440000039  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK ITS  
**Dosen Konsultasi** : Ir. Suwarno, M.Eng  
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

## **Abstrak**

*Surabaya, sebagai Ibu Kota propinsi Jawa Timur memiliki tingkat pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi. Hal tersebut menyebabkan ketersediaan lahan menjadi semakin sempit. Pembuatan basement atau ruang bawah tanah pada gedung-gedung komersial yang difungsikan sebagai lahan parkir merupakan solusi untuk menghadapi masalah ketersediaan lahan tersebut. Pembangunan Apartemen Caspian Tower pada proyek Grand Sungkono Lagoon adalah salah satu gedung yang menggunakan basement untuk efektifitas penggunaan lahan. Gedung Caspian Tower direncanakan memiliki 48 lantai dengan total tinggi bangunan 177,35 meter dan 4 lantai basement dengan kedalaman galian -13.35 meter. Hasil pengetesan pada laboratorium menunjukan bahwa tanah di kawasan ini dominan tanah lempung dan lanau dengan muka air yang rendah, dan nilai N-SPT pada proyek ini dominan diatas 10 sehingga dapat dikategorikan sebagai jenis medium-soil.*

*Pada perencanaan basement apartement Caspian Tower diperlukan struktur dinding penahan tanah yang berfungsi untuk menjaga kestabilan tanah dan mencegah keruntuhan tanah di samping basement apartement tersebut akibat tekanan tanah lateral yang diterima oleh dinding penahan tanah. Struktur*

*dinding penahan tanah pada galian basement Caspian Tower menggunakan soldier pile diameter 80 cm dengan perkuatan ground anchor dan metode pengerjaan yang dipakai adalah bottom-up, yaitu dengan melakukan penggalian tanah secara keseluruhan sesuai kedalaman galian rencana kemudian melanjutkan pekerjaan struktur dari bawah ke atas. Akan tetapi, dalam proses pelaksanaannya terjadi suatu masalah yang cukup mengkhawatirkan. Dinding Penahan tanah yang digunakan gagal menahan beban tanah yang terjadi, sehingga menyebabkan terjadinya defleksi yang melebihi batas toleransi. Oleh karena itu dibutuhkan evaluasi dan usulan tindakan remedial dalam perencanaan dinding penahan tanah tersebut serta metode pelaksanaan yang tepat agar tidak terjadi masalah seperti di atas.*

*Hasil dari evaluasi yang telah dilakukan menunjukan bahwa penyebab terjadinya defleksi melebihi batas toleransi yang diijinkan dikarenakan adanya pertambahan tekanan pada dinding penahan tanah yang diakibatkan oleh air hujan yang terjadi pada bulan tersebut. Dengan melakukan analisa perhitungan kembali maka solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menambahkan support berupa ground anchor pada elevasi -10 meter di sisi jalan dengan panjang grouting 10 meter dan gaya prategang tegak lurus bidang longsor sebesar 362.56 kN sedangkan pada sisi golden city mall diberi support tambahan menggunakan temporary berm.*

***Kata kunci : dinding penahan tanah, basement, soldier pile, ground anchor***

# **EVALUATION AND PROPOSAL REMEDIAL ACTION IN PLANNING RETAINING WALL BASEMENT CASPIAN TOWER APARTEMENT USING SOLDIER PILE IN GRAND SUNGKONO LAGOON PROJECT SURABAYA**

**Student Name : Vickie Ibnu Fathul Huda**  
**NRP : 03111440000039**  
**Major/Faculty : Teknik Sipil FTSLK ITS**  
**Under Supervision : Ir. Suwarno, M.Eng**  
**Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D**

## **ABSTRACT**

*Surabaya, as the capital city of East Java province has a high population growth rate. This causes the availability of land becomes increasingly narrow. Basement or basement building in commercial buildings which functioned as parking area is a solution to face the problem of availability of the land. The construction of the Caspian Tower Apartment on the Grand Sungkono Lagoon project is one of the buildings that use the basement for the effectiveness of land use. The Caspian Tower building is planned to have 48 floors with a total building height of 177.35 meters and 4 basement floors with a depth of excavation - 13.35 meters. The results of laboratory testing show that the soil in this area is dominant of clay and silt with low water level, and the N-SPT value in this project is dominant over 10 so it can be categorized as medium soil type.*

*In the basement apartment apartment planning of Caspian Tower, a retaining wall structure is required to maintain soil stability and prevent collapse of the soil next to the basement apartement due to lateral soil pressure received by the retaining walls. The structure of the retaining wall at the Caspian Tower*

*basement excavation uses a soldier pile diameter of 80 cm with anchor anchor strength and the working method used is bottom-up, ie by digging the soil as a whole according to the depth of the excavation plan and then continuing the structure work from the bottom up. However, in the process of implementation there is a problem that is quite alarming. The retaining wall used fails to withstand the soil load, resulting in a deflection that exceeds the tolerance limit. It is therefore necessary to evaluate and suggest remedial actions in the planning of the retaining wall as well as appropriate methods of engagement in order to avoid such problems.*

*The results of the evaluation have shown that the cause of deflection exceeds the permitted tolerance limit due to the increase of pressure on the retaining wall caused by the rainfall that occurred during that month. By doing a recalculation analysis then the solution to overcome this is by adding support in the form of ground anchor at -10 meters elevation on the side of the road with 10 meters long grouting and prestressed force perpendicular to 362.56 kN landslide field while on the golden city mall side is given additional support using temporary berm.*

***Keywords: retaining wall, basement, soldier pile, ground anchor***



## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum wr.wb*

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Dan Usulan Tindakan Remedial Dalam Perencanaan Dinding Penahan Tanah Basement Apartemen Caspian Tower Dengan Menggunakan Soldier Pile Pada Proyek Grand Sungkono Lagoon Surabaya” dengan tepat waktu.

Proposal Tugas Akhir ini diajukan sebagai persyaratan untuk mengerjakan tugas akhir guna mendapatkan gelar sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berharap proposal tugas akhir ini dapat diterima sebagaimana mestinya sehingga dapat dilakukan pengerjaan tugas akhir. Penulis juga menyadari bahwa dalam proposal tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu segala saran dan masukan yang membangun tentang penulisan proposal tugas akhir ini sangat diharapkan.

Adapun dalam proses penyusunan Proposal Tugas Akhir ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dan mendukung penyelesaian Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Ir. Suwarno, M.Eng dan Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang dengan sabar mencurahkan tenaga dan waktu dalam membimbing hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis Bapak Wardiyana, S.Pd dan Ibu Purwati yang selalu mendukung dan memotivasi kepada penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen geoteknik Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan membukakakn wawasan pengetahuan tentang geoteknik.

4. Seluruh dosen pengajar di Departement Teknik Sipil FTSLK ITS yang telah memberikan ilmunya selama masa perkuliahan penulis.
5. Teman-teman jurusan Teknik Sipil ITS angkatan 2014 (S-57) yang banyak mendukung dan memberikan semangat motivasi kepada penulis.
6. Teman-teman JAVA OON (Julian, Afif, Atta, Oriza, Rossi dan Endah) dan teman-teman Keluarga Ackiwier (Wawan, Budi, Rio, Rajab, Iqbal, Syatrio, Adnan, Adryan, Tyo, Audy, dan Dias) yang selalu memberikan bantuan, support dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Walaupun jauh dari kata sempurna, semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi orang yang membacanya. Penulis juga meminta maaf atas kekurangan yang ada pada Proposal Tugas Akhir ini.

*Wassalamualaikum wr.wb*

Surabaya, 31 Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

Abstrak .....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah .....	6
1.4 Tujuan.....	6
1.5 Manfaat.....	6
BAB II .....	7
2.1 Koreksi Nilai SPT.....	7
2.2 Analisa Parameter Tanah.....	8
2.3 Tekanan Tanah Lateral .....	9
2.4 Analisa Stabilitas Dinding .....	10
2.5 Perencanaan Perkuatan <i>Soldier Pile</i> .....	12
2.6 Perencanaan <i>Ground Anchor</i> .....	14
2.6.1 Komponen ground Anchor.....	14
2.6.2 Tipe-tipe <i>Ground Anchor</i> .....	16
2.6.3 Metode Ground Anchor .....	17
2.6.4 Perencanaan <i>Ground Anchor</i> .....	20
2.7 Perencanaan Perkuatan dengan Kombinasi <i>Ground Anchor</i> dan <i>Soldier Pile</i> .....	24

2.7.1 <i>Soldier Pile</i> Berjangkar dengan Perletakan Bebas.....	24
2.7.2 <i>Soldier Pile</i> Berjangkar dengan Perletakan Jepit.....	26
2.8 Perkuatan <i>Temporary Berm</i> .....	27
BAB III.....	29
3.1 Bagan Alir Perencanaan .....	29
3.2 Pengumpulan Data.....	30
3.3 Studi Literatur.....	30
3.4 Analisa Data tanah.....	31
3.5 Analisis Perkuatan Eksisting .....	31
3.6 Analisis Penyebab Defleksi .....	31
3.7 Analisis Perkuatan Baru dengan Kondisi Terkritis .....	31
3.8 Pemilihan Desain yang Efektif dan Ekonomis .....	32
3.9 Kesimpulan dan Saran.....	32
BAB IV .....	33
4.1 Analisa Data Tanah .....	33
4.1.1 Lokasi Pengambilan Data Tanah .....	33
4.1.2 Penyelidikan Lapisan Tanah .....	34
4.2 Analisa Perkuatan Eksisting .....	37
4.3 Evaluasi Perkuatan Eksisting.....	40
4.3.1 Evaluasi Hasil Proving Test Ground Anchor.....	40
4.3.2 Evaluasi Kondisi Lapangan Saat Terjadi Defleksi .....	43
4.3.3 Evaluasi Gaya Anchor Eksisting Untuk Kondisi Galian Pada Elevasi -10.6 m dan Telah Terjadi Defleksi.....	45
4.4 Data Perkuatan Dinding Penahan Tanah .....	46

4.4.1 Data Soldier Pile Eksisting .....	46
4.4.2 Data Soldier Pile Baru .....	46
4.4.3 Data Ground Anchor Eksisting .....	46
4.4.4 Data Ground Anchor Tambahan .....	46
4.5 Perencanaan Perkuatan Turap .....	47
4.5.1 Perencanaan Perkuatan Turap <i>Soldier Pile</i> .....	47
4.5.2 Perencanaan Perkuatan <i>Ground Anchor</i> tambahan pada <i>Soldier Pile</i> .....	60
4.5.3 Solusi Perkuatan Untuk Sisi Golden City Mall .....	79
4.6 Perhitungan Biaya .....	81
4.6.1 Analisa Biaya <i>Soldier Pile</i> .....	81
4.6.2 Analisa Biaya <i>Ground Anchor</i> Tambahan pada Soldier Pile .....	81
BAB V .....	83
5.1. Kesimpulan .....	83
5.2. Saran .....	84
DAFTAR PUSTAKA .....	85

*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Pembangunan Proyek Grand Sungkono Lagoon.....	2
Gambar 1. 2 Potongan Melintang Dinding Penahan Tanah .....	2
Gambar 1. 3 Lokasi Deflection Marker Pada Top of Capping Beam.....	3
Gambar 1. 4 Hasil Pengamatan Deflection Marker Pada Sisi Jalan .....	4
Gambar 1. 5 Hasil Pengamatan Deflection Marker.....	4
Gambar 2. 1 Keruntuhan Akibat Push-in .....	11
Gambar 2. 2 Analisa dengan Metode <i>Gross Pressure</i> .....	11
Gambar 2. 3 Gaya yang bekerja pada kepala dan tubuh tiang ....	13
Gambar 2. 4 Gaya yang bekerja pada kepala dan tubuh tiang ....	14
Gambar 2. 5 Komponen <i>Ground Anchor</i> .....	14
Gambar 2. 6 Tipe-tipe <i>Ground Anchor</i> .....	17
Gambar 2. 7 Metode jangkar dengan tabung tekanan .....	18
Gambar 2. 8 Metode jangkar dengan inti yang dipancang .....	19
Gambar 2. 9 Metode Pelat Jangkar.....	19
Gambar 2. 10 Metode jangkar dengan membesarkan bagian bawah .....	20
Gambar 2. 11 Kombinasi <i>Ground Anchor</i> dan <i>Soldier Pile</i> .....	24
Gambar 2. 12 <i>Soldier Pile</i> berjangkar dengan perletakan bebas .....	25
Gambar 2. 13 Asumsi lendutan dan bidang momen.....	26
Gambar 2. 14 Distribusi tegangan menurut Bloem dan Anderson .....	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir .....	30
Gambar 4. 1 Lokasi Penyelidikan Tanah .....	33
Gambar 4. 2 Lokasi Pengujian Tes Sondir .....	34
Gambar 4. 3 Hasil tes sondir .....	34
Gambar 4. 4 Profil N-SPT (blow/ft) vs kedalaman (m) .....	35
Gambar 4. 5 Stratigrafi jenis lapisan tanah .....	36
Gambar 4. 6 Nilai SF terkritis .....	38

Gambar 4. 7 Nilai SF dan Mresisten pada 10 titik terkritis .....	38
Gambar 4. 8 Nilai SF terkritis .....	39
Gambar 4. 9 Nilai SF dan Mresisten pada 10 titik terkritis .....	39
Gambar 4. 10 Posisi proving test <i>Ground Anchor</i> relatif terhadap <i>Production Ground Anchor</i> .....	40
Gambar 4. 11 Plot <i>Load vs Displacement</i> hasil <i>Proving Test</i> <i>Ground Anchor</i> .....	41
Gambar 4. 12 Rekomendasi faktor keamanan minimum .....	42
Gambar 4. 13 Lokasi Deflection Marker Pada Top of Capping Beam .....	43
Gambar 4. 14 Hasil Pengamatan Deflection Marker Pada Sisi Jalan .....	44
Gambar 4. 15 Hasil Pengamatan Deflection Marker .....	44
Gambar 4. 16 Diagram tekanan tanah lateral <i>soldier pile</i> .....	54
Gambar 4. 17 Diagram tekanan air <i>soldier pile</i> .....	55
Gambar 4. 18 Diagram interaksi penulangan <i>soldier pile</i> .....	57
Gambar 4. 19 Defleksi <i>Soldier Pile</i> .....	59
Gambar 4. 20 Diagram tekanan tanah lateral <i>soldier pile</i> .....	67
Gambar 4. 21 Diagram tekanan air <i>soldier pile</i> .....	68
Gambar 4. 22 Nilai Mresisten dan radius bidang longsor tanah .....	68
Gambar 4. 23 Potongan Melintang <i>Ground Anchor</i> Eksisting .....	69
Gambar 4. 24 Tampak Atas <i>Ground Anchor</i> Eksisting .....	69
Gambar 4. 25 Tampak Depan <i>Ground Anchor</i> Eksisting .....	70
Gambar 4. 26 Potongan Melintang <i>Ground Anchor</i> Tambahan pada Kedalaman 9 meter. ....	71
Gambar 4. 27 Tampak Atas dari Tata Letak <i>Ground Anchor</i> Tambahan pada Kedalaman 9 Meter .....	71
Gambar 4. 28 Tampak Depan <i>Ground Anchor</i> Tambahan pada Kedalaman 9.0 Meter .....	72
Gambar 4. 29 Potongan Melintang <i>Ground Anchor</i> Tambahan Kedalaman 10 meter .....	73
Gambar 4. 30 Tampak Atas <i>Ground Anchor</i> Tambahan Kedalaman 10 Meter .....	73



Gambar 4. 31 Tampak Depan <i>Ground Anchor</i> Tambahan pada Kedalaman 10 Meter .....	74
Gambar 4. 32 Sudut $\beta_1$ dan $\beta_2$ .....	76
Gambar 4. 33 Sudut $\beta_1$ dan $\beta_2$ .....	78
Gambar 4. 34 Temporary Berm pada Sisi .....	80
Gambar 4. 35 Denah Temporary Berm pada Sisi Golden City Mall .....	80

*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Korelasi Konsistensi Tanah dengan N-SPT dan Data Sondir.....	8
Tabel 2. 2 Pedoman memprakirakan harga $\phi$ dari harga $N_{SPT}$ . untuk tanah dominan pasir .....	8
Tabel 2. 3 Jenis-jenis tiang .....	13
Tabel 2. 4 Koefisien angkur, $K_s$ .....	23
Tabel 2. 5 Rekomendasi Faktor Keamanan Minimum (BS 8081) .....	23
Tabel 2. 6 <i>Safety Factor</i> tiang berjangkar untuk tanah berbutir kasar .....	25
Tabel 4. 1 Rekapitulasi tes tanah	37
Tabel 4. 2 Gaya anchor kondisi telah terjadi defleksi 10.5 cm pada galian -10.6 m	45
Tabel 4. 3 Data perencanaan <i>soldier pile</i>	48
Tabel 4. 4 Gaya tekanan aktif turap basemen caspian Tower	55
Tabel 4. 5 Gaya tekanan pasif basemen caspian tower	56
Tabel 4. 6 Gaya tekanan air basemen Caspian tower	56
Tabel 4. 7 Data perencanaan <i>soldier pile</i>	61
Tabel 4. 8 Biaya <i>Soldier Pile</i>	81
Tabel 4. 9 Biaya <i>Ground Anchor</i> Tambahan	81
Tabel 4. 10 Rekapitulasi biaya	82

*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Surabaya, sebagai Ibu Kota propinsi Jawa Timur memiliki tingkat pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi. Laju pertumbuhan penduduk Kota Surabaya per tahun pada 2010 sampai 2015 sebesar 0,55% dengan total jumlah penduduk pada tahun 2015 sebesar 2.848.583 jiwa (BPS Jawa Timur, 2017). Hal ini menimbulkan beberapa permasalahan yang sulit untuk diselesaikan, salah satunya adalah ketersediaan lahan yang semakin sempit. Hal tersebut berpengaruh pada ketersediaan lahan parkir pada gedung-gedung komersial di daerah Surabaya. Oleh karena itu pembuatan basement atau ruang bawah tanah pada gedung-gedung tersebut merupakan solusi untuk menjawab masalah diatas.

Apartement Caspian Tower pada proyek Grand Sungkono Lagoon adalah salah satu gedung yang menggunakan basement untuk efektifitas penggunaan lahan. Lokasinya berada di Jalan Abdul Wahab Siamin Kav. 9-10, Dukuh Pakis, Surabaya, Jawa Timur yang dibangun oleh kontraktor PT. PP (Persero) Tbk. (layout proyek pada Gambar 1.1). Gedung Caspian Tower direncanakan memiliki 48 lantai dengan total tinggi bangunan 177,35 meter dan 4 lantai basement dengan kedalaman galian - 13.35 meter (potongan melintang Gambar 1.2). Tanah di kawasan ini dominan tanah lempung dan lanau dengan muka air yang rendah, dan nilai N-SPT pada proyek ini dominan diatas 10 sehingga dapat dikategorikan sebagai jenis tanah keras.

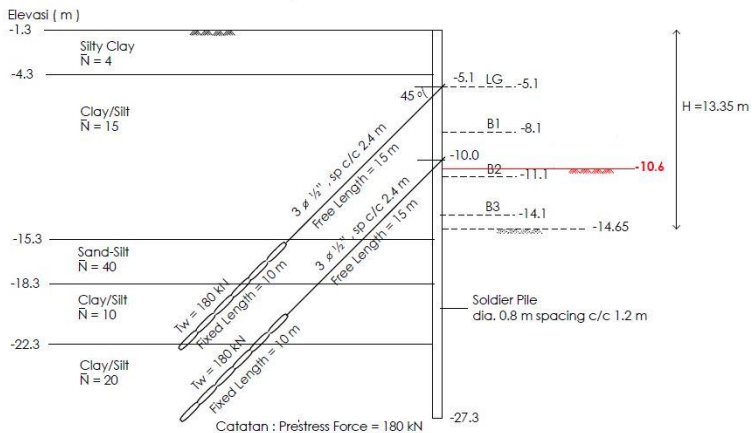
Struktur Dinding Penahan Tanah pada galian basement Caspian Tower menggunakan soldier pile diameter 80 cm dengan kekuatan ground anchor dan metode pengerjaan yang dipakai adalah bottom-up, yaitu dengan melakukan penggalian tanah secara keseluruhan sesuai kedalaman galian rencana kemudian melanjutkan pekerjaan struktur dari bawah ke atas. Akan tetapi,

dalam proses pelaksanaannya terjadi suatu masalah yang cukup mengkhawatirkan.



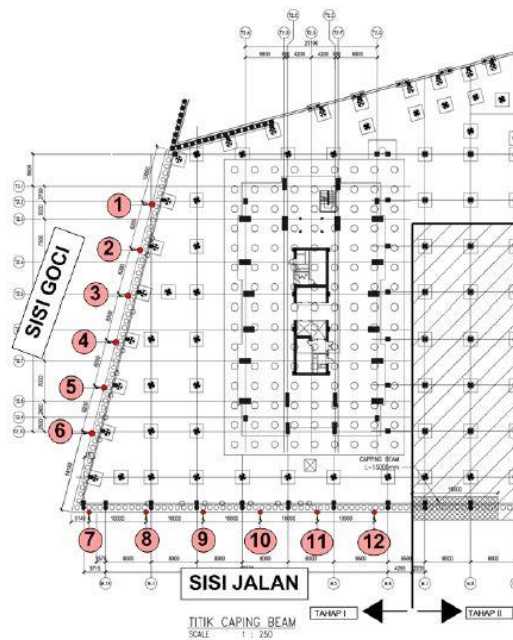
Gambar 1. 1 Lokasi Pembangunan Proyek Grand Sungkono Lagoon

(sumber : Google Maps)

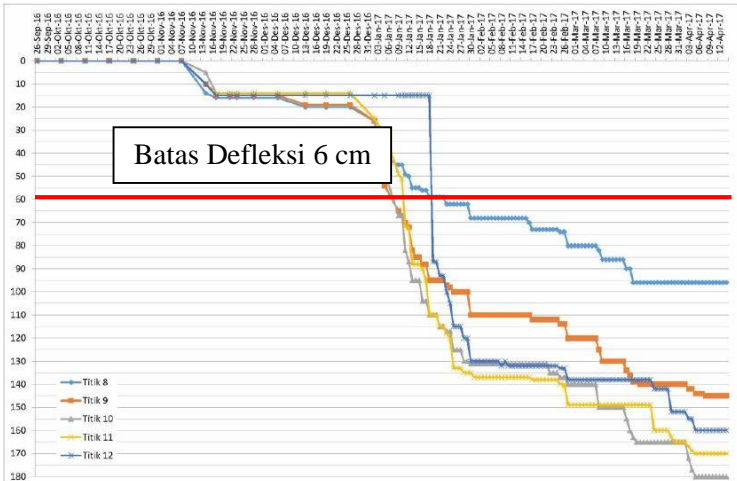


Gambar 1. 2 Potongan Melintang Dinding Penahan Tanah  
(sumber : Data Sekunder )

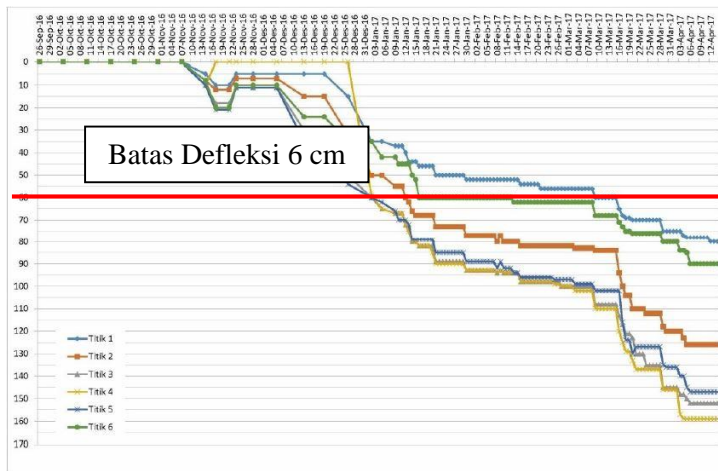
Dinding Penahan tanah yang digunakan gagal menahan beban tanah yang terjadi, sehingga menyebabkan terjadinya defleksi yang melebihi batas toleransi. Denah lokasi titik *deflection marker* pada *top of capping beam* dapat dilihat pada Gambar 1.3 dan hasil monitoring defleksi yang terjadi dari tanggal 26 September 2016 sampai dengan tanggal 12 April 2017 dapat dilihat pada Gambar 1.4 untuk pengamatan *deflection marker* pada Sisi Jalan dan Gambar 1.5 untuk pengamatan *deflection marker* pada sisi Golden City Mall.



Gambar 1. 3 Lokasi Deflection Marker Pada Top of Capping Beam  
(sumber: Data Sekunder)



Gambar 1. 4 Hasil Pengamatan Deflection Marker Pada Sisi Jalan  
(sumber: Data Sekunder)



Gambar 1. 5 Hasil Pengamatan Deflection Marker  
Pada Sisi Golden City Mall  
(sumber: Data Sekunder)



Batasan defleksi yang ditentukan oleh perencana adalah 6 cm dan dari hasil pengamatan deflection marker menunjukkan bahwa terjadi pertambahan defleksi secara signifikan pada saat galian sampai dengan elevasi -10.6 m. Maksimum defleksi yang terjadi pada sisi Jalan sekitar 10.5 cm dan pada sisi Golden City Mall sekitar 8.5 cm.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan di atas, perlu dilakukan analisa guna mengetahui penyebab terjadinya ketidakstabilan dinding penahan tanah tersebut serta cara penanggulangannya. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan evaluasi dan usulan tindakan remedial dalam perencanaan dinding penahan tanah serta menentukan metode pelaksanaan yang paling tepat dalam perencanaan dinding penahan tanah Apartemen Caspian Tower proyek Grand Sungkono Lagoon Surabaya.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik tanah di daerah proyek tersebut ?
2. Bagaimana tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan tanah pada Sisi Jalan dan Mall Golden City ?
3. Apakah penyebab terjadinya defleksi pada dinding penahan tanah tersebut ?
4. Untuk kekuatan *Soldier Pile*, berapakah dimensi dan jumlah tulangan yang dibutuhkan setelah dilakukan evaluasi ?
5. Untuk kekuatan *Ground anchor*, berapakah panjang fixed length, posisi dan jumlah ground anchor yang dibutuhkan setelah dilakukan evaluasi ?
6. Dari alternatif kekuatan setelah dilakukan evaluasi tersebut, manakah desain yang paling ekonomis dari segi biaya material ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Pada penulisan Tugas Akhir ini, permasalahan dibatasi pokok-pokok pembahasan sebagai berikut :

1. Data tanah yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah data sekunder.
2. Tidak membahas perhitungan pembebanan struktur bangunan di atas.
3. Metode pelaksanaan tidak diperhitungkan dalam segi biaya.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis pada penyusunan Tugas Akhir ini adalah dapat merencanakan desain dinding penahan tanah yang tepat ditinjau dari segi kestabilan, kekuatan, deformasi, dan metode pelaksanaan konstruksinya pada pembangunan basement Apartement Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui perencanaan desain dinding penahan tanah yang tepat dalam hal kestabilan, kekuatan, deformasi, dan metode pelaksanaan konstruksinya sehingga hasil akhirnya diharapkan dapat menambah pemahaman dan wawasan mengenai desain dinding penahan tanah pada basement serta dapat menjadi salah satu alternatif pemecahan masalah pada proyek dengan permasalahan yang sama pada masa yang akan datang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Koreksi Nilai SPT**

Data hasil tes SPT (*Standard Penetration Test*) dari lapangan tidak secara langsung dapat digunakan untuk perencanaan. Oleh karena itu terlebih dahulu nilai SPT asli yang didapat dari lapangan dilakukan koreksi terutama untuk beberapa jenis tanah.

##### **1. Koreksi terhadap muka air tanah**

Koreksi ini khusus untuk jenis tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah serta hanya bila NSPT > 15. Koreksi dilakukan dengan memilih harga terkecil N1 dari dua rumus berikut.

$$N1 = 15 + \frac{1}{2} (NSPT - 15) \text{ (Terzaghi \& Peck, 1960)} \quad (2.1)$$

$$N1 = 0,6 N \quad \text{(Bazaraa, 1967)} \quad (2.2)$$

Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dengan nilai NSPT ≤ 15, tidak dilakukan koreksi, sehingga nilai N1 = NSPT. Sedangkan apabila nilai NSPT ≥ 15, tidak dilakukan koreksi baik terhadap muka air tanah maupun terhadap *overburden pressure* tanah.

##### **2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah**

Hasil dari koreksi terhadap muka air tanah (N1) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal efektif (*overburden pressure*) pada lapisan tanah dimana harga N tersebut didapatkan. Bazaara (1967) memberikan rumusan terhadap *overburden pressure* sebagai berikut.

$$N2 = \frac{4N1}{1+0.04p_o} \quad ; \text{ bila } p_o \leq 75 \text{ kN/m}^2 \quad (2.3)$$

$$N2 = \frac{4N1}{3.25+0.01p_o} \quad ; \text{ bila } p_o \geq 75 \text{ kN/m}^2 \quad (2.4)$$

Setelah didapat nilai  $N_2$ , disarankan untuk mengecek kembali apakah nilai  $N_2$  tersebut  $\leq 2 N_1$ . Apabila didapatkan  $N_2 > 2 N_1$ , maka dibuat  $N_2 = N_1$ .

## 2.2 Analisa Parameter Tanah

Pada perencanaan ini, analisa parameter tanah dilakukan dengan melakukan korelasi data tanah untuk data yang belum didapatkan. Pada tugas akhir ini, korelasi data tanah yang harus dilakukan adalah korelasi konsistensi tanah lunak pada Tabel 2.1, serta pedoman memprakirakan harga  $\phi$  dari harga  $N_{SPT}$  untuk tanah dominan pasir Tabel 2.2

Tabel 2. 1 Tabel Korelasi Konsistensi Tanah dengan N-SPT dan Data Sondir

{sumber : Mochtar (2006), revised (2012)}

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, $q_c$	
				(dari Sondir)	
	kPa	ton/ m <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

Tabel 2. 2 Pedoman memprakirakan harga  $\phi$  dari harga  $N_{SPT}$ .  
untuk tanah dominan pasir  
(Teng, 1962)

Kondisi kepadatan	Relative Density (kepadatan relatif) $R_d$	Perkiraan Harga $N_{SPT}$	Perkiraan harga $\phi$ (°)	Perkiraan berat volume jenuh, $\gamma_{sat}$ (ton/m <sup>3</sup> )
very loose (sangat renggang)	0 % s/d 15 %	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
loose (renggang)	15 % s/d 35 %	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
medium (menengah)	35% s/d 65 %	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
dense (rapat)	65% s/d 85 %	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
very dense (sangat rapat)	85% s/d 100 %	> 50	41*	

## 2.3 Tekanan Tanah Lateral

Dalam memperkirakan dan menghitung kestabilan konstruksi penahan tanah, diperlukan perhitungan tekanan lateral. Tekanan lateral terjadi karena massa tanah menerima beban akibat tegangan normal maupun berat kolom tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya tekanan ke arah tegak lurus atau kearah samping. Besarnya tekanan tanah lateral sendiri sangat dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur konstruksi penahan tanah.

Tekanan tanah lateral dibagi menjadi tekanan tanah dalam keadaan diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah dalam kondisi diam terjadi akibat massa tanah pada dinding penahan berada dalam kondisi seimbang. Tekanan tanah aktif merupakan tekanan yang berusaha untuk mendorong dinding penahan tersebut ke depan. Sementara tekanan tanah pasif merupakan tekanan yang berusaha mengimbangi tekanan tanah aktif.

### 2.3.1 Tekanan Lateral Aktif

Tekanan aktif merupakan tekanan yang mendorong dinding penahan tanah ke arah horizontal. Sementara dinding penahan tanah harus dalam keadaan seimbang dalam menahan tekanan arah horizontal. Tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah  $K_a$ . Rumusan tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot H \quad (2.5)$$

Harga  $K_a$  :

- Untuk tanah datar :

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.6)$$

- Untuk tanah miring :

$$K_a = \left( \frac{\cos \phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \sin(\phi - \alpha)}{\cos \alpha}}} \right)^2 \quad (2.7)$$

dimana :  $\phi$  = sudut geser tanah  
 $\alpha$  = kemiringan tanah

Selain itu, kohesi sebagai lekatan antara butiran tanah juga memiliki pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah yaitu sebesar

$2c\sqrt{K_a}$ , sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot H - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.8)$$

### 2.3.2 Tekanan Lateral Pasif

Tekanan lateral pasif tanah merupakan tekanan yang melawan arah dari tekanan lateral aktif. Hal ini disebabkan oleh gaya yang mendorong dinding cencerung ke arah urugannya. Tekanan pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah, yaitu gaya yang dibutuhkan untuk menahan dinding penahan tanah sebelum terjadi kegagalan.

Rumusan tekanan horizontal pasif dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_a = K_p \cdot \gamma \cdot H \quad (2.9)$$

Harga  $K_a$  :

- Untuk tanah datar :

$$K_p = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) = \frac{1}{K_a} \quad (2.10)$$

- Untuk tanah miring :

$$K_p = \left( \frac{\cos\phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin\phi \sin(\phi+\alpha)}{\cos\alpha}}} \right)^2 \quad (2.11)$$

dimana :  $\phi$  = sudut geser tanah  
 $\alpha$  = kemiringan tanah

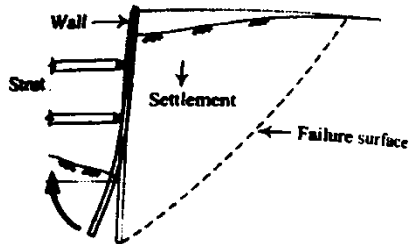
Dalam kasus tekanan lateral pasif, kohesi (lekatan antar butiran tanah) mempunyai pengaruh memperbesar tekanan pasif tanah sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ , sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_p = K_p \cdot \gamma \cdot H + 2c\sqrt{K_p} \quad (2.12)$$

## 2.4 Analisa Stabilitas Dinding

Disaat gaya geser suatu titik dalam tanah telah melebihi atau seimbang dengan gaya geser tanah, titik tersebut akan mengalami keruntuhan atau sedang dalam keadaan kritis. Disaat banyak titik

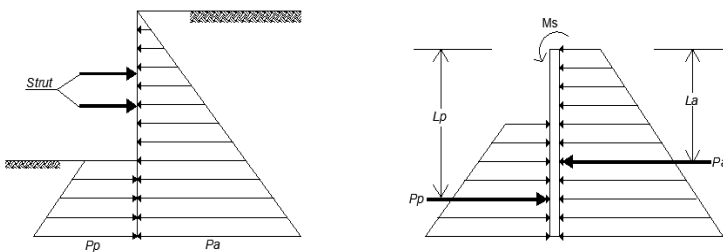
runtuh bersatu membentuk suatu bidang, maka bidang keruntuhan akan mengalami *collapse*. Hal ini biasa disebut dengan *overhall shear failure*. Analisa keruntuhan dapat dihitung dengan analisa *push-in* dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2. 1 Keruntuhan Akibat Push-in  
(Sumber : Chang Yu-Ou, 2006)

Dorongan push-in disebabkan oleh tekanan tanah dalam keadaan kritis dapat menggerakkan dinding dalam jarak yang cukup jauh ke zona galian terutama pada daerah dinding yang tertanam dalam tanah hingga mengakibatkan keruntuhan sepenuhnya pada dinding penahan tanah.

Analisa Push-in dilakukan dengan menggunakan metode *free earth support* dengan mengambil model dinding dibawah strut yang paling bawah dan dihitung tekanan tanah aktif dan pasifnya dalam keadaan setimbang seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Analisa dengan Metode *Gross Pressure*  
(Sumber : Chang Yu-Ou, 2006)

Dalam kondisi tersebut dapat dihitung factor keamanan untuk penahan dorongan push-in sebagai berikut.

$$Fp = \frac{M_r}{M_d} = \frac{Pp Lp + Ms}{Pa La} \quad (2.13)$$

Dimana,

- Fp : Faktor Keamanan terhadap push-in
- M<sub>r</sub> : Momen Penahan
- M<sub>d</sub> : Momen Pendorong
- P<sub>a</sub> : Resultan Gaya tekan tanah aktif
- L<sub>a</sub> : jarak dari strut terbawah ke titik tangkap gaya Pa
- M<sub>s</sub> : momen lengkung dinding yang diijinkan
- P<sub>p</sub> : Resultan gaya tekan tanah pasif
- L<sub>p</sub> : jarak dari strut terbawah ke titik tangkap gaya Pp

Persamaan (2.19) biasa disebut metode gross preassure. JSA (1988) dan TGS (2001) menyarankan  $Fp \geq 1,5$  namun saat mengasumsikan  $M_s = 0$ ,  $Fp \geq 1,2$ . Persamaan ini dapat digunakan untuk menghitung factor keamanan dalam menahan push-in sekaligus untuk mencari kedalaman dinding yang tertanam secara efektif dalam berbagai angka keamanan.

## 2.5 Perencanaan Perkuatan *Soldier Pile*

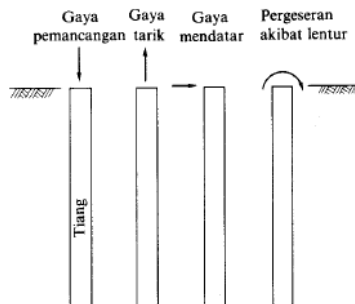
*Soldier Pile* merupakan salah satu jenis pondasi tiang yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang digolongkan berdasarkan kualitas materialnya, cara pelaksanaan, pemakaian bahan-bahan, dan sebagainya.



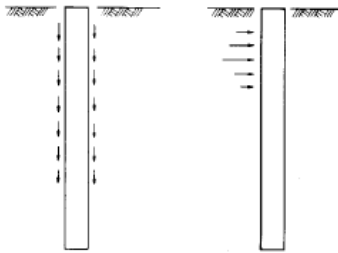
Tabel 2. 3 Jenis-jenis tiang  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi,2000)

Kualitas bahan	Nama tiang		Cara pembuatan	Bentuk
Tiang baja	Tiang pipa baja		Di sambung secara elektrik, di arah data, mengeliling	Bulat
	Tiang dengan flens lebar (Penampang H)		Diaah dalam keadaan panas, dilas	H
Tiang beton	Tiang beton Pracetak	Tiang beton bertulang pracetak	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diduk dengan gaya sentrifugal</li> <li>Diduk dengan penggetar</li> </ul>	Bulat Segitiga Dan lain-lain
		Tiang beton prategang pracetak	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem penarikan awal</li> <li>Sistem penarikan akhir</li> </ul>	Bulat
	Tiang yang dicor di tempat	Tiang alas Tiang beton Raymond	Sistem pemancangan	Bulat
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dengan menggoyangkan semoa tahun pelindung</li> <li>Dengan membe tanah</li> <li>Dengan putaran berlawanan arah</li> <li>Dengan pondasi dalam</li> </ul>	Sistem pemboran	

Umumnya gaya longitudinal, gaya orthogonal, serta momen lentur yang bekerja pada ujung tiang harus direncanakan sedemikian rupa sehingga daya dukung, tegangan, dan deformasi tiang akan lebih kecil daripada batas-batas yang diijinkan. Gaya luar yang bekerja pada kepala tiang seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 adalah berat sendiri bangunan di atasnya, beban hidup, tekanan tanah, dan tekanan air. Sedangkan gaya luar yang bekerja langsung pada tubuh tiang adalah berat sendiri tiang serta gaya gesekan negatif dalam arah vertikal dan gaya horizontal akibat getaran ketika tiang tersebut melentur.



Gambar 2. 3 Gaya yang bekerja pada kepala dan tubuh tiang  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi,2000)

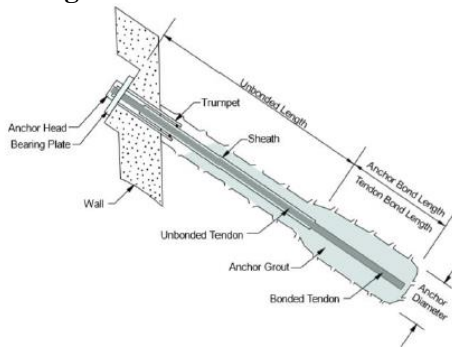


Gambar 2. 4 Gaya yang bekerja pada kepala dan tubuh tiang  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi,2000)

## 2.6 Perencanaan *Ground Anchor*

*Ground Anchor* memiliki bagian penting yang mengirimkan gaya tarik (*tensile force*) dari struktur utama ke tanah di sekitarnya. Kekuatan geser dari tanah digunakan untuk melawan gaya tarik tersebut serta untuk mengikat struktur *Ground Anchor* pada tanah. Struktur *Ground Anchor* biasanya terdiri dari baja tendon dengan kekuatan tinggi yang dipasang pada sudut kemiringan (inklinasi) tertentu dan pada kedalaman yang diperlukan untuk melawan beban yang ada.

### 2.6.1 Komponen *ground Anchor*



Gambar 2. 5 Komponen *Ground Anchor*  
(Sumber : Geotechnical Engineering Circular 4 “Ground Anchors And Anchored Systems”)

Komponen *ground anchor* pada Gambar 2.6 meliputi *unbonded length anchor* dan *bond length anchor*. *Bond length anchor* berfungsi sebagai pembungkus material tanah untuk memindahkan beban serta gaya tarik (*tensile force*) dari struktur ke tanah di sekitar jangkar. Sedangkan *unbonded length anchor* adalah bagian dari tendon yang tidak terikat dan bebas bergerak di dalam tanah serta terletak pada bagian atas *bond length anchor* dimana tidak ada gaya tarik yang dipindahkan ke tanah di. Selain itu komponen *ground anchor* juga terdiri dari tendon, yaitu bagian yang terbuat dari baja berkekuatan tinggi (*bar, wire* atau *strand*) yang dikelilingi *cement grout* (material semen untuk grouting).

Terdapat 9 faktor yang berperan penting dalam pemasangan *ground anchor* (Littlejohn dan Bruce, 1977; FHWA, 1982; BSI, 1989; Xanthakos, 1991; PTI, 1996; Wyllie, 1999; dalam *Rock Slope Engineering*), yaitu:

1. Pengeboran (*drilling*), menentukan besarnya diameter lubang bor dan panjang yang akan dibor di lapangan berdasarkan pada peralatan yang tersedia.
2. Material dan dimensi, memilih material dan dimensi *anchor* yang cocok dengan diameter lubang dan gaya *anchor* yang disyaratkan.
3. Korosi, memperkirakan tingkat korosi di lapangan dan mengaplikasikan perlindungan korosi yang sesuai dengan tingkat korosi pada *anchor*.
4. Tipe Pengikatan (*bond type*), memilih antara semen atau *grout* atau *mechanical anchor* untuk mengamankan bagian ujung *anchor* pada lubang.
5. Panjang ikatan (*bond length*), penentuannya berdasarkan tipe pengikatan, diameter lubang, tegangan *anchor*, dan kekuatan geser tanah.
6. Panjang total *anchor*, menghitung panjang total *anchor*, yang terdiri dari jumlah panjang ikatan dan panjang yang tidak terpengaruh tekanan. Panjang yang tidak terpengaruh tekanan harus lebih luar dari permukaan tanah sampai bagian atas zona

pengikatan (*bond zone*), dengan bagian atas dari zona pengikatan akan berada di bawah bidang longsor potensial.

7. Pola Anchor (*anchor pattern*), layout dari pola *anchor*, maka jarak pada permukaannya akan hampir sama dan akan menghasilkan gaya anchor yang telah disyaratkan.

8. Lubang bor yang tahan air (*waterproofing drill holes*), memastikan tidak ada diskontinuitas pada zona pengikatan yang dapat menyebabkan kebocoran *grouting*.

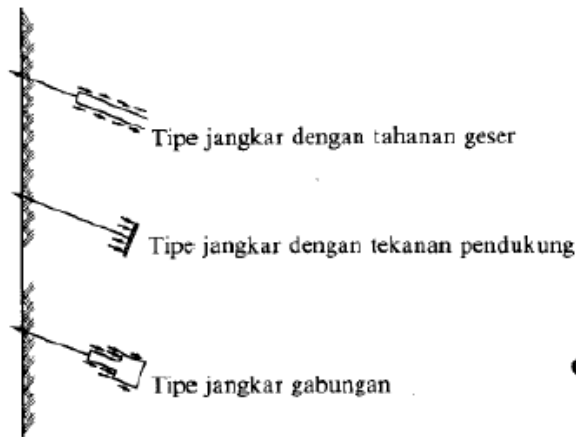
9. Pengetesan (*testing*), menyiapkan prosedur untuk pengetesan yang akan memeriksa jika panjang pengikatan dapat menahan dari beban yang didesain.

### **2.6.2 Tipe-tipe Ground Anchor**

1. Penjangkaran dengan tahanan geser. Jenis ini memakai batang jangkar yang silindris yang digROUT di dalam lubang bor dan gaya tarik ditimbulkan dari tahanan geser yang bekerja sekelilingnya.

2. Penjangkaran dengan plat pemikul. Jenis ini menggunakan suatu plat massif yang dipasang di dalam tanah sehingga tekanan tanah pasifnya yang bekerja dapat menahan gaya tarik.

3. Penjangkaran gabungan. Dimana ada bagian-bagian yang diperbesar dan tekanan pasif bersama-sama tahanan geser batangnya yang menahan gaya tarik, sehingga dapat disebut sebagai gabungan dari kedua metode terdahulu. Untuk membuat penjangkaran dengan diameter besar pembuatan lubangnya perlu menggunakan mata bor khusus atau semburan air bertekanan tinggi.



Gambar 2. 6 Tipe-tipe *Ground Anchor*  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

Saat ini, yang paling sering dipergunakan adalah jenis 1. Sedangkan jenis 2 dan 3 dipergunakan apabila suatu lapisan tanah mempunyai tahanan geser yang tidak dapat diandalkan pada suatu kedalaman tertentu, atau lapisan yang lebih padat seperti mudstone terdapat pada kedalaman yang dangkal serta tahanan dapat diperoleh malahan dari pemboran yang dangkal saja.

### 2.6.3 Metode *Ground Anchor*

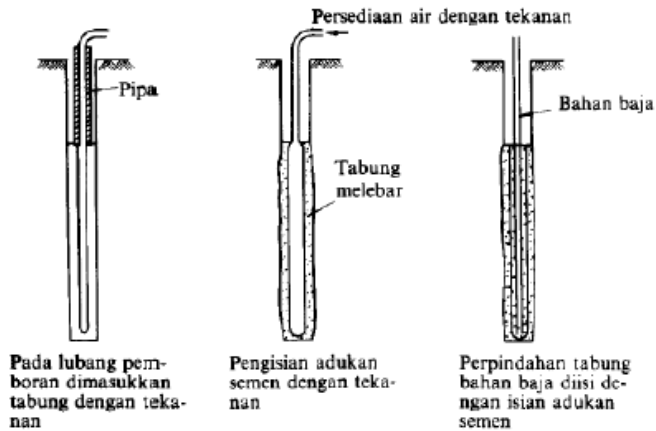
Beberapa metode penjangkaran yang dipakai pada saat ini diantaranya :

#### 1. Metode penjangkaran dengan grouting

Setelah suatu batang baja atau kabel terpasang, dilaksanakan grouting dan batang jangkar ini dijangkar. Dipasang alat “packer” untuk menahan keluarnya aliran semen dari lubang.

#### 2. Metode penjangkaran dengan tabung bertekanan

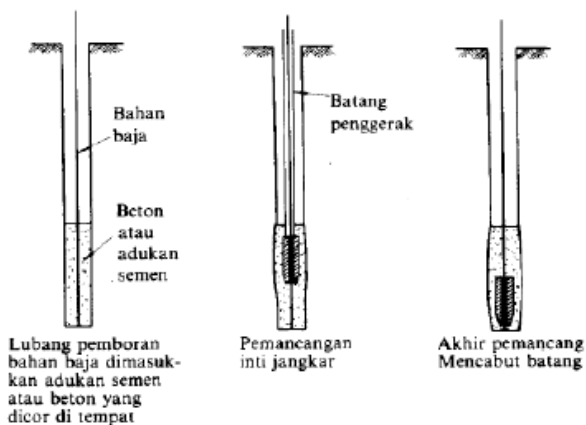
Metode dimana suatu tabung yang dapat mengembang dimasukkan ke dalam lubang hasil pemboran dan adukan mengisi bagian luar dari dinding tabung dan kemudian air bertekanan dimasukkan ke dalam tabung tersebut agar mengembang.



Gambar 2. 7 Metode jangkar dengan tabung tekanan  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

### 3. Metode penjangkaran dengan penekanan

Batang PC baja dimasukkan ke lubangnya dan adukan diisikan ke dalam dasar lubang, lalu beton bertulang yang berlubang tengahnya sebagai inti dari jangkar ini dengan batang baja tadi sebagai pengarahnya dipukul masuk kedalam adukannya untuk memperbesar dinding lubangnya.



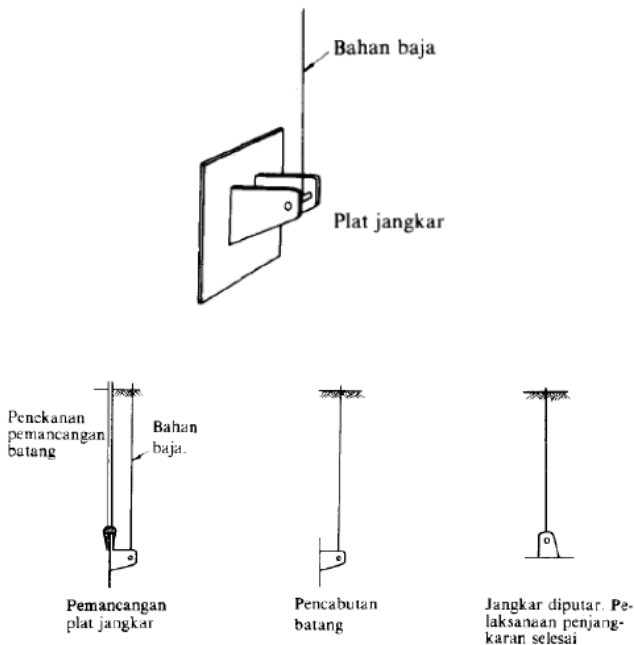
Gambar 2. 8 Metode jangkar dengan inti yang dipancang  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

#### 4. Metode penjangkaran plat

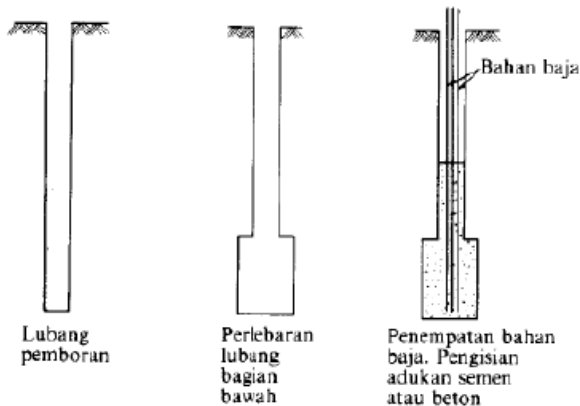
Atau disebut metode penjangkaran mekanis terdiri dari batang baja dan bagian jangkar yang terbuat dari plat baja dan dimasukkan kedalam tanha dengan dipukul lalu ditarik sehingga plat memutar.

#### 5. Metode jangkar dengan membesarkan bagian bawah

Setelah dibor dalam kedalam yang diperlukan, mata bor khusus digunakan untuk memperbesar bagian dasar lubang yang menambah tahanan cabut jangka tersebut.



Gambar 2. 9 Metode Pelat Jangkar  
(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)



Gambar 2. 10 Metode jangkar dengan membesarkan bagian bawah

(Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

#### 2.6.4 Perencanaan *Ground Anchor*

##### 1. Pengaturan letak *ground anchor*

Posisi, arah dan jarak antar *ground anchor* seharusnya ditentukan pertama pada saat perancangan.

(1) *Ground anchor* harus dipasang dengan jarak minimal 2 m antar anchor.

(2) Sudut pemasangan *anchor*  $45^\circ$  dari arah horizontal.

(3) Arah *anchor* parallel dengan arah keruntuhan tanah.

(4) Jarak *anchor* ditentukan berdasarkan pengaruh antar *anchor*, yang ditinjau dari kekuatan *anchor*, diameter *anchor*, kedalaman, dan kekuatan geser tanah.

##### 2. Mencari gaya tahanan dan dorong

- Mencari  $\Delta MR$  yang akan dipikul oleh perkuatan *ground anchor*

Dalam mencari  $\Delta MR$  digunakan proram bantu *Geoslope* yang memiliki output berupa momen resisten dan *safety factor*.



$$M_{\text{dorong}} = \frac{M_{\text{resisten}}}{SF} \quad (2.14)$$

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan nilai momen dorong yang selanjutnya dikalikan dengan SF rencana.

$$M_{\text{resisten rencana}} = M_{\text{dorong}} \times SF_{\text{rencana}} \quad (2.15)$$

Maka, didapatkanlah  $\Delta MR$  yang nantinya nilai  $\Delta MR$  tersebut akan dipakai sebagai nilai momen yang akan dipikul oleh perkuatan *ground anchor*.

$$\Delta MR = M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \quad (2.16)$$

- Mencari nilai  $T_{\text{max}}$  dari perkuatan *ground anchor*

$$T_{\text{max}} = N \tan \phi \quad (2.17)$$

Yang dimana nilai  $T_{\text{max}}$  adalah nilai maksimum yang dipikul oleh *anchor* itu sendiri, selanjutnya nilai  $T_{\text{max}}$  tersebut dikalikan dengan jari jari bidang longsor. Kemudian didapatkan nilai momen dari *anchor* yang nantinya dibandingkan dengan nilai  $\Delta MR$ .

$$\Delta MR = N \tan \phi \times R \quad (2.18)$$

$$N_{\text{anchor}} = \frac{\Delta MR}{R \times \tan \phi} \quad (2.19)$$

### 3. Panjang free length dan fixed length

Panjang minimum *free length* adalah 3 m untuk *bar tendon* dan 4,5 m untuk *strand tendon* (FHWA-IF-99-015). Panjang *free length* aktual ditentukan dengan mempertimbangkan kedalaman minimum *fixed length* dari permukaan tanah dan stabilitas keseluruhan sistem struktur seperti diilustrasikan pada Gambar 65.

Panjang minimum *fixed length* adalah 3 m. Panjang maksimum *fixed length* adalah 13 m. Untuk panjang > 13 m dapat digunakan, dengan syarat dapat dibuktikan dengan uji tarik (*pullout test*) dimana kapasitas dapat termobilisasi lebih panjang.

#### 4. Perhitungan kapasitas batas ankur

Kapasitas tarik ankur pada fase perancangan ditentukan dengan menggunakan data tanah dan formula berikut (Canadian Foundation Engineering Manual)

Untuk *fixed length* terbenam pada tanah kohesif ditentukan dengan persamaan :

$$R_{ult} = \alpha A_s L_s S_u(\text{ave}) \quad (2.20)$$

Keterangan:

$R_{ult}$  = kapasitas batas ankur tanah;

$A_s$  = luas selimut *fixed length*;

$L_s$  = panjang *fixed length*;

$S_u(\text{ave})$  = kuat geser tak terdrainase tanah rata-rata sepanjang *fixed length*;

$\alpha$  = faktor adhesi tergantung pada kuat geser tak terdrainase tanah.

Sedangkan untuk *fixed length* pada tanah non kohesif ditentukan dengan persamaan :

$$R_{ult} = \sigma_v' A_s L_s K_s \quad (2.21)$$

Keterangan:

$R_{ult}$  = kapasitas batas ankur tanah;

$\sigma_v'$  = tegangan vertikal efektif pada tengah-tengah *fixed length*;

$A_s$  = luas selimut *fixed length*;

$L_s$  = panjang *fixed length*;

$K_s$  = koefisien ankur yang tergantung pada tipe dan kepadatan tanah seperti pada Tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2. 4 Koefisien ankur, Ks  
{ Sumber : SNI 8460:2017 (Geoteknik) - pasal 10.6.4.4 }

Tipe tanah	Kepadatan tanah		
	Lepas ( <i>loose</i> )	Kompak ( <i>compact</i> )	Padat ( <i>dense</i> )
Lanau nonplastis	0,1	0,4	1
Pasir halus	0,2	0,6	1,5
<i>Medium sand</i>	0,5	1,2	2
Pasir kasar, kerikil	1	2	3

Faktor keamanan *ground/grout interface* seperti pada Tabel 2.5 harus dipakai untuk menghitung kapasitas izin ankur tanah.

Tabel 2. 5 Rekomendasi Faktor Keamanan Minimum (BS 8081)

Katagori Ankur Tanah	Faktor Keamanan Minimum			Faktor Beban untuk Proof test
	Tendon	Ground/grout interface	Grout/tendon atau grout/encapsulation interface	
Ankur sementara dengan umur layan kurang dari 6 bulan dan keruntuhan tidak mengakibatkan konsekwensi serius dan tidak membahayakan keselamatan umum. Misalnya test tiang memakai ankur tanah sebagai sistem reaksi.	1.40	2.0	2.0	1.10
Ankur sementara dengan umur layan tidak lebih dari 2 tahun, dimana walaupun konsekwensi keruntuhan cukup serius, tetapi tidak membahayakan keselamatan umum tanpa cukup peringatan. Misalnya ankur tanah pada dinding penahan tanah.	1.60	2.5 *	2.5 *	1.25
Ankur permanen dan ankur sementara dimana resiko korosi tinggi dan/atau konsekwensi keruntuhan serius. Misalnya kabel utama pada jembatan gantung atau kabel sebagai reaksi untuk mengangkat struktur berat.	2.00	3.0 *	3.0 *	1.50
* FK minimum 2.0 dapat digunakan bila tersedia test lapangan skala penuh. * FK mungkin perlu dinaikkan menjadi 4 untuk membatasi creep				

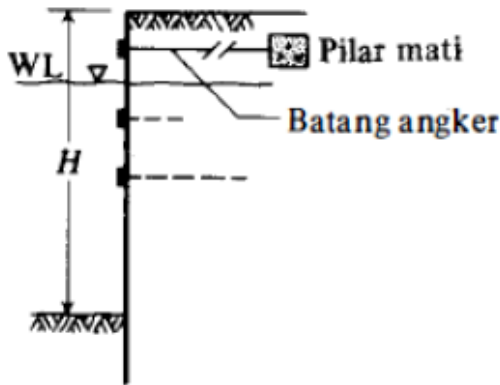
Disini perlu diperhatikan juga bahwa,

- Kuat tarik izin *tendon* adalah kuat tarik karakteristik *tendon* dibagi dengan faktor keamanan untuk *tendon*.
- Faktor keamanan untuk *ground/grout interface* ini digunakan pada waktu menghitung kapasitas izin ankur berdasarkan data data tanah.

c) Umumnya persyaratan *bond* antara *tendon* dengan *grout* ini dengan sendirinya terpenuhi selama:

- 1) Kuat tekan *grout* memenuhi persyaratan
- 2) Jumlah *strand* dari *tendon* memenuhi persyaratan faktor keamanan minimum *tendon* seperti pada Tabel 2.5

## 2.7 Perencanaan Perkuatan dengan Kombinasi *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*

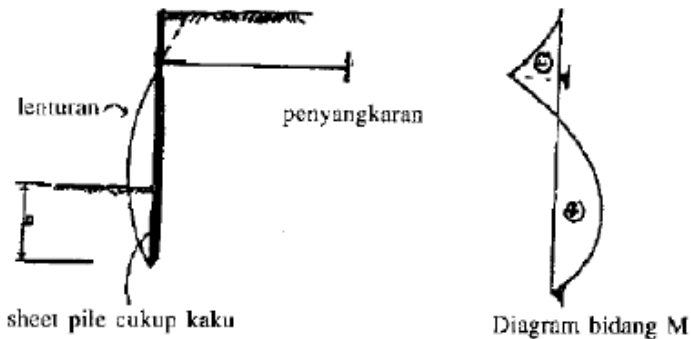


Gambar 2. 11 Kombinasi *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*  
(Sumber : Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000)

### 2.7.1 *Soldier Pile* Berjangkar dengan Perletakan Bebas

Asumsi yang diambil dalam perancangan dinding *soldier pile* dengan perletakan bebas adalah:

1. *Soldier pile* mempunyai kekuatan yang cukup baik dibandingkan dengan tanah sekelilingnya.
2. Tekanan tanah yang bekerja pada *Soldier Pile* dihitung berdasarkan teori Rankine atau Coulomb.
3. Tiang *Soldier Pile* berotasi pada jangkar, tetapi tidak diperkenankan terjadi pergerakan lateral.
4. Perletakan pada kedalaman  $D$  mempunyai momen = 0, hal ini berarti penetrasi dari *Soldier Pile* tidak cukup dalam.



Gambar 2. 12 *Soldier Pile* berjangkar dengan perletakan bebas  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

Untuk tanah berbutir kasar, angka keamanan yang digunakan adalah sebagai berikut:

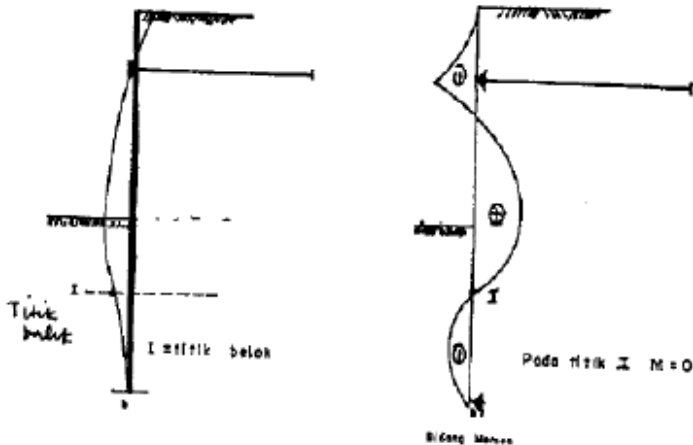
Tabel 2. 6 *Safety Factor* tiang berjangkar untuk tanah berbutir kasar

(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

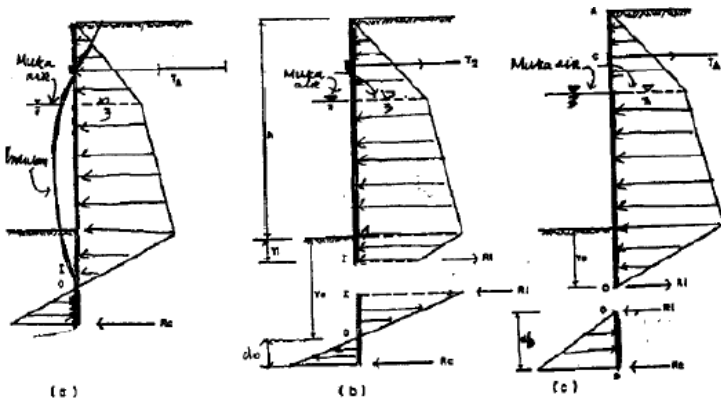
Kedalaman hasil perhitungan	Kedalaman pelaksanaan	angka keamanan
D	$D\sqrt{2}$	1,7
D	Didapat dengan reduksi nilai $K_p$ dengan angka keamanan 2 sampai 3	2 sampai 3
D	D (1,5 sampai 2)	1,5 sampai 2
D	Didapat dengan reduksi nilai $c$ tanah dengan angka keamanan 1,5 s/d 2.	1,5 sampai 2

### 2.7.2 *Soldier Pile Berjangkar dengan Perletakan Jepit*

Asumsi yang diambil dalam metode ini adalah penetrasi dari dinding *Soldier Pile* yang cukup dalam sehingga perletakan yang terjadi berfungsi sebagai jepit (Gambar 2.14)



Gambar 2. 13 Asumsi lendutan dan bidang momen  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)



Gambar 2. 14 Distribusi tegangan menurut Bloem dan Anderson  
(Sumber: Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah)

## 2.8 Perkuatan *Temporary Berm*

*Berm* sementara adalah penahan dinding sementara terbuat dari tanah setempat, agar bisa menggali sampai kedalaman galian rencana, tanpa defleksi dinding yang berlebihan. Maksud dari digunakannya *berm* sementara pada dinding tipe kantilever adalah untuk memperpendek bagian dinding yang merupakan *free cantilever*.

Persyaratan untuk perancangan *berm* sementara adalah sebagai berikut.

a) *Berm* sementara hanya bisa digunakan kalau tanah pada level rencana *berm* sementara cukup kuat untuk menjaga stabilitas dirinya sendiri.

b) Level atas dari *berm* sementara ditentukan sedemikian sehingga panjang *free cantilever* di atas *berm* sementara maksimum 6 m, sedangkan dimensinya ditentukan sedemikian sehingga *berm* sementara bisa memberikan tahanan tanah pasif, artinya batas atas dari *berm* sementara berada di luar dari *passive rupture line* pada ketinggian tersebut. Lebar batas bawah dari *berm* ditentukan sedemikian sehingga kemiringan lereng yang menghubungkan batas atas dan batas bawah dapat menjaga stabilitas *berm* itu, sesuai dengan kuat geser tanah pada level tersebut.

c) Untuk penggunaan *berm* sementara yang lain seperti diuraikan pada 10.3.5.2.3, dimensi *berm* sementara ditentukan sama seperti diuraikan di atas.

d) Permukaan *berm* perlu dilindungi dari pengaruh cuaca dengan cara menutupinya memakai beton semprot atau lembaran plastik.

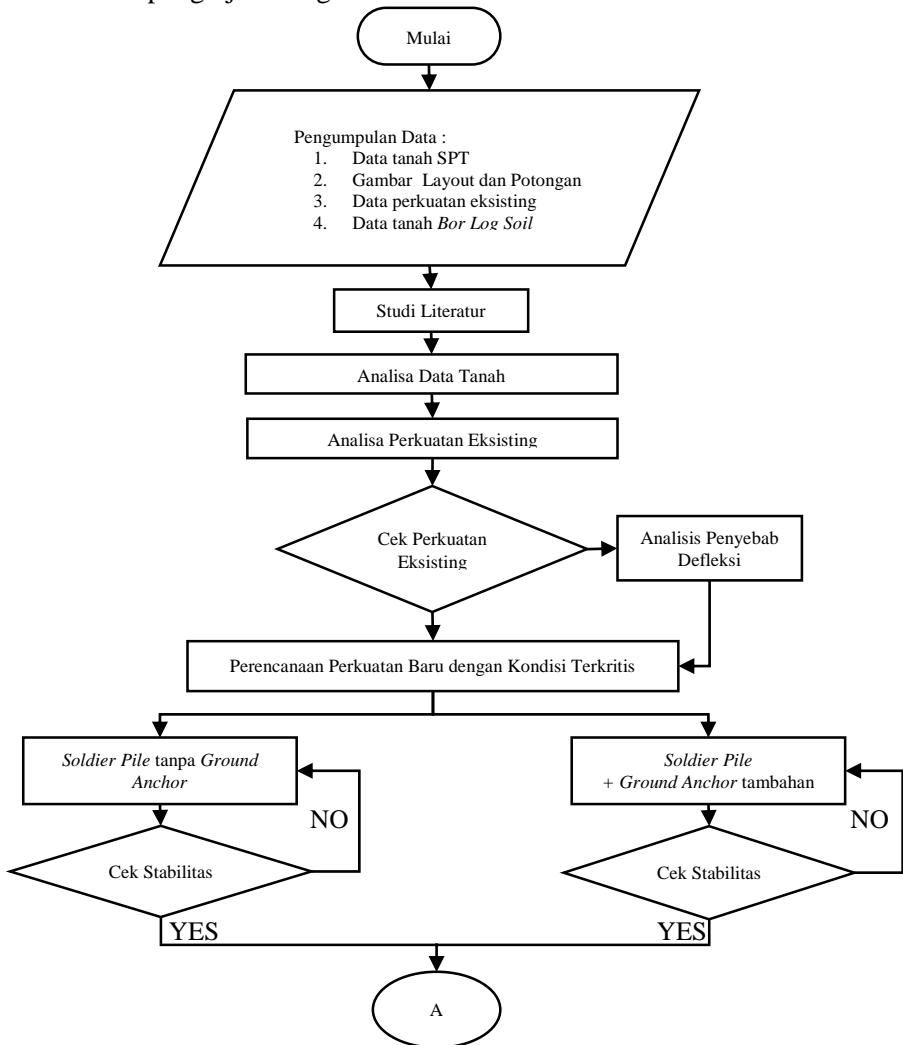
*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

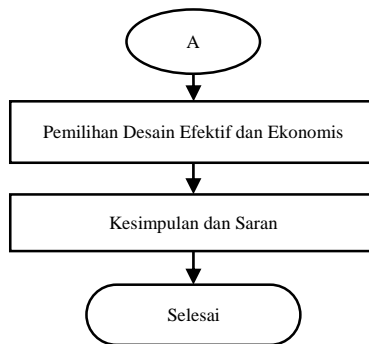


## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Bagan Alir Perencanaan

Berikut ini adalah diagram alir dalam penulisan dan pengerjaan Tugas Akhir.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir

Penyelesaian Tugas Akhir ini dengan judul Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah Basement Apartemen Caspian Tower Dengan Menggunakan Diafragma Wall dan Secant Pile Pada Proyek Grand Sungkono Lagoon Surabaya akan dilakukan beberapa tahapan yaitu:

### 3.2 Pengumpulan Data

Data-data yang akan digunakan dalam pembuatan proposal antara lain :

1. Data Umum Proyek
2. Gambar *Shop Drawing, Plan*, Potongan Memanjang dan Melintang
3. Data Tanah : SPT, CPT, *Bor Log Soil Properties*

### 3.3 Studi Literatur

Mencari studi literatur yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir mengenai perkuatan talud menggunakan *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Terzaghi, K. and Peck R.B. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd edition. Jakarta: Erlangga.
- b. Das, Braja M., (*translated by* Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II. Jakarta: Erlangga.

- c. Sosrodarsono, S. and Nakazawa ,K., (*translated by* Taulu L.). 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta:
- d. Hadihardaja,J.1997.*Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah:Gunadarma*
- e. Wahyudi, Herman, 1999, *Daya Dukung Pondasi Dalam*.FTSP ITS, Surabaya
- f. Wahyudi, Herman, 1999, *Daya Dukung Pondasi Dalam*.FTSP ITS, Surabaya

### 3.4 Analisa Data tanah

Analisa ini meliputi penggambaran profil melintang lapisan-lapisan tanah berdasarkan data tanah yang telah diperoleh. Penggambaran ini dilakukan sebagai parameter yang digunakan pada proses perencanaan.

### 3.5 Analisis Perkuatan Eksisting

Melakukan analisa perkuatan *soldier pile* dari beton bertulang dengan diameter 80cm yang telah terpasang.

### 3.6 Analisis Penyebab Defleksi

Menlakukan analisa penyebab defleksi pada dinding penahan tanah.

### 3.7 Analisis Perkuatan Baru dengan Kondisi Terkritis

Melakukan analisa perkuatan baru dengan kondisi terkritis (sesuai dengan kondisi lapangan) menggunakan *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*. Estimasi Biaya Material.

- Perkuatan menggunakan *Soldier Pile*
  - Menentukan dimensi *Soldier Pile* yang akan dipasang.
  - Merencanakan kedalaman *Soldier Pile* yang harus dipasang.
  - Menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan.
- Perkuatan menggunakan kombinasi *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*
  - Merencanakan desain kombinasi *Ground Anchor* dan *Soldier Pile*

### **3.8 Pemilihan Desain yang Efektif dan Ekonomis**

Membandingkan desain perkuatan paling efektif dan ekonomis dengan pertimbangan:

- a. Biaya/harga
- b. Lama waktu pekerjaan
- c. Keamanan pada saat pelaksanaan

### **3.9 Kesimpulan dan Saran**

Memberikan kesimpulan dan saran mengenai tugas akhir

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisa Data Tanah**

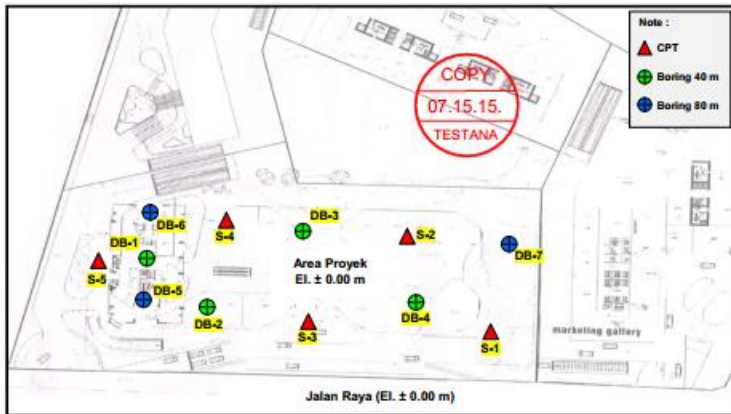
##### **4.1.1 Lokasi Pengambilan Data Tanah**

Data tanah yang digunakan adalah pendekatan dari hasil penyelidikan tanah berupa *Standard Penetration Test* (SPT) di lokasi proyek pembangunan apartemen Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon, berlokasi di Jalan Abdul Wahab Siamin Kav. 9-10, Dukuh Pakis, Surabaya, Jawa Timur.



Gambar 4. 1 Lokasi Penyelidikan Tanah  
(sumber : Google Earth)

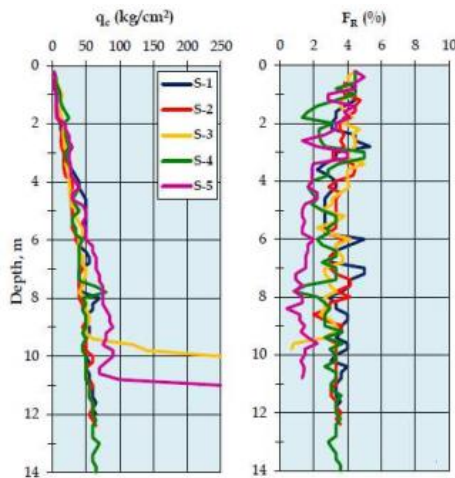
Sedangkan untuk lokasi pengujian tes sondir dapat dilihat dari Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Lokasi Pengujian Tes Sondir

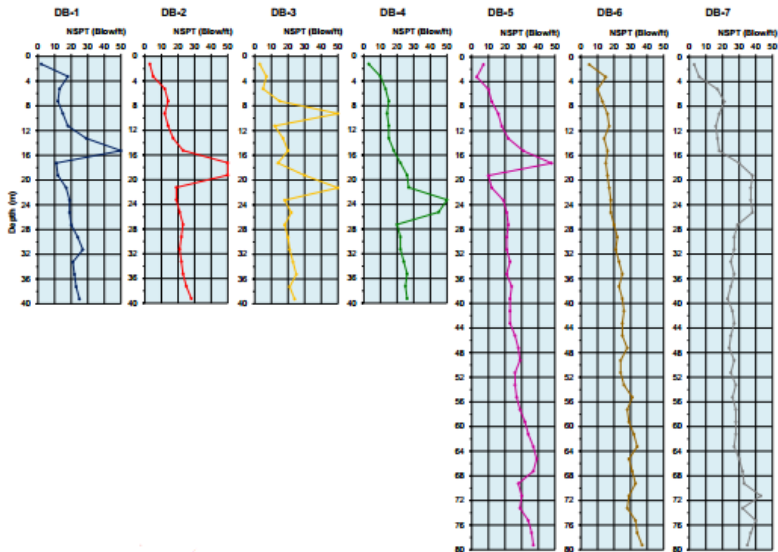
#### 4.1.2 Penyelidikan Lapisan Tanah

Hasil penyelidikan lapisan tanah berdasarkan uji sondir yang dilakukan oleh PT. Testana Engineering dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil tes sondir

Gambaran kekuatan tanah selanjutnya diilustrasikan melalui profil N-SPT vs kedalaman pada Gambar 4.4 dibawah ini :



Gambar 4. 4 Profil N-SPT (blow/ft) vs kedalaman (m)

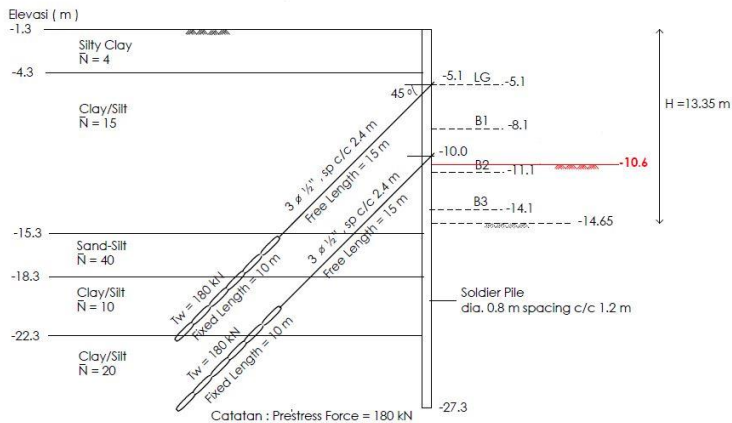
Berdasarkan tes tanah yang telah dilakukan di lapangan, maka stratifikasi tanah pada proyek dapat dibagi menjadi beberapa lapis seperti yang dijelaskan dibawah ini dan pada Gambar 4.5

1. Lapisan 1 tersusun oleh lempung berlanau berwarna coklat keabu-abuan dengan konsistensi lunak hingga sedang yang dijumpai hingga kedalaman  $\pm 3$  meter.
2. Lapisan 2 didominasi oleh lanau berlempung (titik bor DB3-DB7) dan lempung berlanau (titik bor DB1-DB2), berwarna

coklat, dalam kondisi tersementasi di beberapa kedalaman, dengan variasi konsistensi mulai lunak sampai dengan sangat kaku hingga kedalaman  $\pm 16$  meter.

3. Lapisan 3 berupa tanah dengan jenis lanau berpasir sangat padat dengan ketebalan  $\pm 3$  meter
4. Lapisan 4 kembali tersusun oleh lempung berlanau, berwarna abu-abu bercampur coklat, dengan tingkat konsistensi kaku sampai dengan sangat kaku.
5. Lapisan 5 yang terdapat hingga kedalaman akhir pemboran, tersusun oleh lempung berlanau, abu-abu, dalam kondisi tersementasi di beberapa kedalaman, berkonsistensi sangat kaku sampai dengan keras.

Meskipun demikian, terdapat beberapa lapisan sisipan berupa lanau berpasir sangat padat setebal  $\pm 1-2$  meter, yang terletak di kedalaman yang cukup bervariasi (mulai kedalaman  $\pm 16-24$  meter) seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 5 Stratigrafi jenis lapisan tanah



Berdasarkan pengamatan visual yang dilakukan sesaat setelah pemboran selesai dilaksanakan, keberadaan muka air tanah tidak terdeteksi pada lubang-lubang pemboran, yang pada umumnya memang tidak ditemukan pada lokasi Surabaya Barat di kedalaman-kedalaman yang dangkal. Muka air tanah sempat ditemukan pada titik bor DB-1 ( $\pm$  - 5 m) dan DB-2 ( $\pm$  - 6 m) diyakini hanya merupakan air sisa bilasan pemboran yang terjebak pada kedalaman tersebut akibat tertahan oleh lapisan lempung dengan permeabilitas yang rendah.

Tabel 4.1 dibawah ini merupakan hasil rekapitulasi dari hasil tes sondir dan uji laboratorium di lokasi perencanaan.

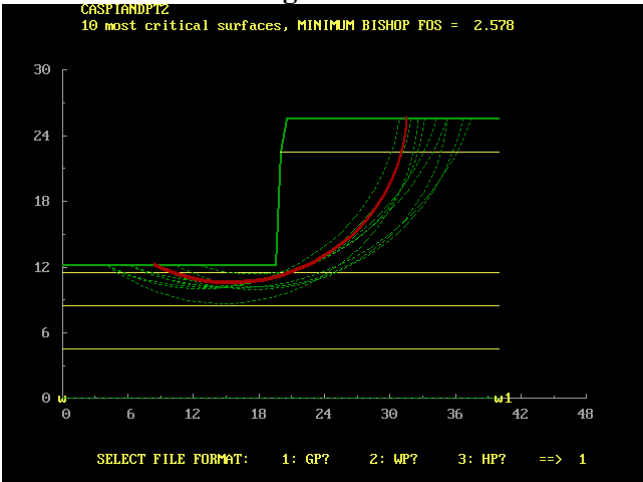
Tabel 4. 1 Rekapitulasi tes tanah

Klasifikasi Tanah	N-SPT	Depth	qc (kg/cm2)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Strength			
					$\phi^o$	$\phi^{so}$	Cu (kPa)	C' (kPa)
Silty clay	4	0-3m	16	16	0	21	30	20
Clay/Silt	15	3-14m	57.5	16.5	0	22	105	70
Sand silt	40	14-17m	150	18	0	43	0	0
Clay/Silt	10	17-21m	40	16	0	22	70	47
Clay/Silt	20	21-26m	75	17	0	23	140	93

## 4.2 Analisa Perkuatan Eksisting

Analisa perkuatan eksisting yang dilakukan merupakan analisa yang dilakukan sebelum terjadi defleksi pada dinding penahan tanah dan belum dipasang perkuatan soldier pile. Analisa ini menggunakan program bantu Xtable dengan memperhatikan 2 kondisi, yaitu untuk kondisi pertama menggunakan data tanah kondisi long-term dan kondisi kedua dengan tanah kondisi short-term. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui SF dan M resisten yang terjadi pada talud tersebut.

1. Tanah Asli Kondisi Long-Term



Gambar 4. 6 Nilai SF terkritis

Line: 213 File: DPTFIX.DPT ESC=QUIT MOVE: ↑ PgDn PgUp END HOME

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : CASPIANDPT2

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	2.578	15.50	26.46	16.00	8.44	31.47	4.606E+04
2.	2.600	14.24	28.14	17.88	6.33	31.92	5.290E+04
3.	2.651	12.72	28.41	18.40	4.22	30.88	5.219E+04
4.	2.689	13.25	32.22	22.06	4.22	34.26	7.202E+04
5.	2.699	14.28	32.80	22.18	6.33	35.21	7.359E+04
6.	2.824	14.73	26.58	17.89	4.22	32.59	6.749E+04
7.	2.828	15.74	33.04	22.95	6.33	37.41	9.033E+04
8.	2.829	17.43	27.22	15.86	12.67	33.19	4.933E+04
9.	2.858	18.33	27.22	17.00	10.56	35.24	6.278E+04
10.	2.861	17.40	29.68	19.73	8.44	36.68	7.820E+04

\*\*\* END OF FILE \*\*\*

Gambar 4. 7 Nilai SF dan Mresisten pada 10 titik terkritis

Berdasarkan hasil *Stability Analysis* software Xtable didapatkan nilai *safety factor* sebesar 2.578. Dengan nilai SF = 2.578, maka talud dinding penahan tanah aman terhadap resiko kelongsoran maupun defleksi.

## 2. Tanah Asli Kondisi Short-Term



Gambar 4. 8 Nilai SF terkritis

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : CASPIANCB

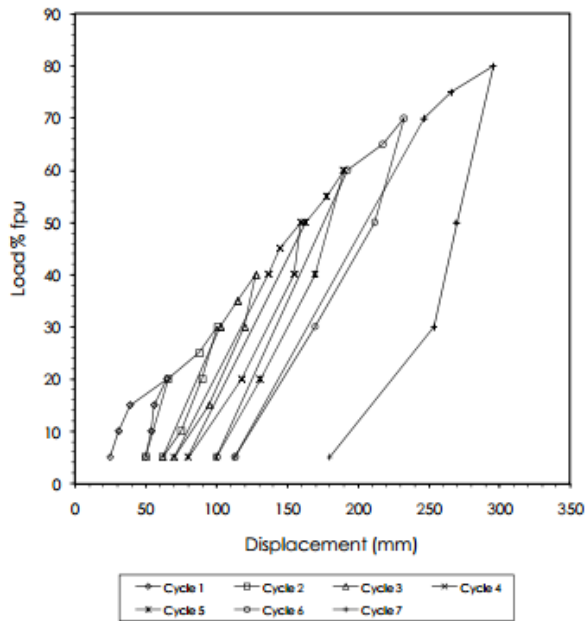
	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.097	21.39	27.04	18.46	10.56	39.78	3.067E+04
2.	1.159	20.56	26.82	17.80	10.56	38.31	3.007E+04
3.	1.172	17.71	31.75	22.71	6.33	39.54	4.213E+04
4.	1.173	22.80	26.02	17.21	12.67	40.00	2.833E+04
5.	1.178	22.70	26.09	17.22	12.67	39.90	2.841E+04
6.	1.209	22.47	26.67	17.56	12.67	39.98	2.971E+04
7.	1.218	21.44	26.44	18.01	10.56	39.43	3.313E+04
8.	1.239	14.73	26.58	17.89	4.22	32.59	2.961E+04
9.	1.268	14.49	35.73	26.67	2.11	39.12	5.287E+04
10.	1.278	18.64	31.87	22.24	8.44	39.95	4.298E+04

\*\*\* END OF FILE \*\*\*

Gambar 4. 9 Nilai SF dan Mresisten pada 10 titik terkritis



Untuk hasil proving test ground anchor dapat dilihat di lampiran. Kurva Load vs Displacement hasil proving test dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Plot *Load vs Displacement* hasil *Proving Test*  
*Ground Anchor*

Evaluasi hasil proving test ground anchor adalah sebagai berikut :

- Jumlah strand =  $3 \phi \frac{1}{2}$ "
- Panjang fixed length = 8.49 m
- Ultimate Tensile Strength (UTS) 1 strand = 184 kN
- Maksimum load in elastic region = 80% fpu  

$$= 80\% \times 3 \times 184 \text{ kN}$$

$$= 441.6 \text{ Kn}$$

- Tahanan friksi per m' fixed length =  $441.6/8.49 = 52 \text{ kN/m'}$

Melalu hasil evaluasi diatas kita dapat menentukan kapasitas teoritis production anchor pada baris 1 dan baris 2 dinding penahan tanah yang perhitungannya dalah sebagai berikut :

- Panjang fixed length (FL) anchor baris 1 = 10 m
- Panjang fixed length (FL) anchor baris 2 = 10 m

Untuk faktor beban menurut SNI 8460:2017 Komtek Geoteknik dapatb dilihat pada Gambar 4.12.

**SNI 8460:2017**

**Tabel 49 – Rekomendasi faktor keamanan minimum (BS 8081)**

Katagori Angkur Tanah	Faktor Keamanan Minimum			Faktor Beban untuk Proof test
	Tendon	Ground/grout interface	Grout/tendon atau grout/encapsulation interface	
Angkur sementara dengan umur layan kurang dari 6 bulan dan keruntuhan tidak mengakibatkan konsekwensi serius dan tidak membahayakan keselamatan umum. Misalnya test tiang memakai angkur tanah sebagai sistem reaksi.	1.40	2.0	2.0	1.10
Angkur sementara dengan umur layan tidak lebih dari 2 tahun, dimana walaupun konsekwensi keruntuhan cukup serius, tetapi tidak membahayakan keselamatan umum tanpa cukup peringatan. Misalnya angkur tanah pada dinding penahan tanah.	1.60	2.5 *	2.5 *	1.25
Angkur permanen dan angkur sementara dimana resiko korosi tinggi dan/atau konsekwensi keruntuhan serius. Misalnya kabel utama pada jembatan gantung atau kabel sebagai reaksi untuk mengangkat struktur berat.	2.00	3.0 *	3.0 *	1.50

\* FK minimum 2.0 dapat digunakan bila tersedia test lapangan skala penuh.

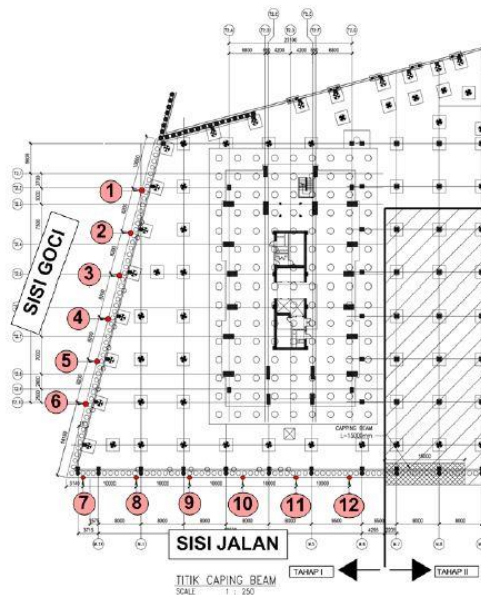
\* FK mungkin perlu dinaikkan menjadi 4 untuk membatasi creep

**Gambar 4. 12 Rekomendasi faktor keamanan minimum**

- Faktor Beban = 1.25
- Kapasitas teoritis anchor baris 1 dan 2 =  $\frac{10 \times 52}{1.25}$   
= 416 kN

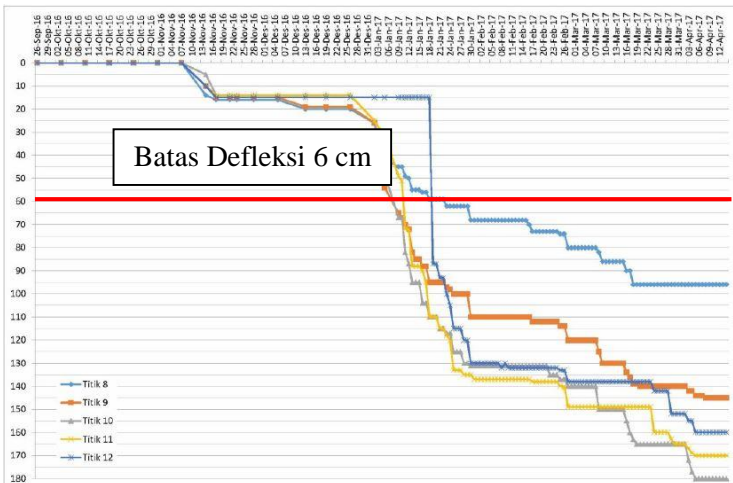
### 4.3.2 Evaluasi Kondisi Lapangan Saat Terjadi Defleksi

Untuk mengetahui kronologis kejadian defleksi di lapangan, penulis mengacu pada data sekunder yang didapatkan di lokasi proyek. Jadi untuk *monitoring* besarnya defleksi yang terjadi, seperti yang sudah dijelaskan pada Bab 1 bahwa pelaksana memasang *deflection marker* pada *top of capping beam* dan denahnya dapat dilihat pada Gambar 4.13.

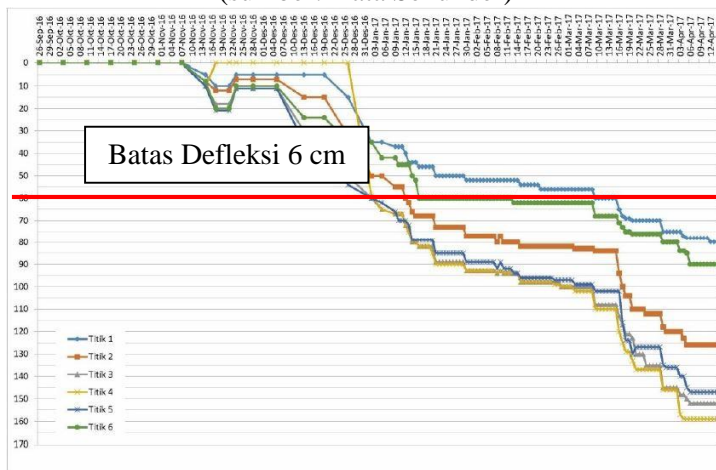


Gambar 4. 13 Lokasi Deflection Marker Pada Top of Capping Beam  
(sumber: Data Sekunder)

Dari *deflection marker* yang telah terpasang baik dari sisi jalan maupun sisi golden city mall didapatkan data defleksi yang diberikan pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4. 14 Hasil Pengamatan Deflection Marker Pada Sisi Jalan  
(sumber: Data Sekunder)



Gambar 4. 15 Hasil Pengamatan Deflection Marker  
Pada Sisi Golden City Mall  
(sumber: Data Sekunder)



Pada kedua grafik diatas dapat dilihat bahwa untuk sisi jalan, defleksi melebihi batas toleransi yang diijinkan pada tanggal 3 Januari 2017 sampai 18 Januari 2017 sedangkan untuk sisi golden city mall pada tanggal 28 Desember 2016 sampai 3 Maret 2017. Memperhatikan bulan terjadinya defleksi pada dinding penahan tanah, diketahui bahwa defleksi yang melebihi batas toleransi yang diijinkan terjadi pada bulan saat musim penghujan. Jadi dapat disimpulkan bahwa kemungkinan terjadinya defleksi tersebut dikarenakan adanya air yang masuk ke dalam tanah dimana air tersebut kemudian terperangkap di dalam tanah sebagai *perched water*. Keadaan ini akan menyebabkan adanya tekanan ke samping tambahan yang disebabkan oleh air yang terperangkap tersebut. Sebagai akibatnya terjadi defleksi tambahan pada dinding penahan yang bersangkutan.

#### 4.3.3 Evaluasi Gaya Anchor Eksisting Untuk Kondisi Galian Pada Elevasi -10.6 m dan Telah Terjadi Defleksi.

Kondisi saat ini adalah telah terjadi defleksi sebesar 10.5 cm dan galian telah mencapai elevasi -10.6 meter. Analisis dilakukan kembali untuk kondisi tersebut dan detail analisis dapat dilihat pada lampiran sedangkan untuk rangkumannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Gaya anchor kondisi telah terjadi defleksi 10.5 cm pada galian -10.6 m

Kondisi Galian	No. Baris Anchor	Elevasi Anchor (m)	Kemiringan Anchor	Free Length (m)	Fixed Length (m)	Jarak Anchor (m)	Gaya Anchor, Tw (kN)
Kondisi Terjadi Defleksi 10.5 cm	GA baris 1	-5.1	45°	15	10	2.4	362
	GA baris 2	-10	45°	15	10	2.4	307

Akibat dari defleksi yang besar maka didapatkan besar gaya anchor pada baris 1 adalah 362 kN dan baris 2 sebesar 307 kN. Jadi pada perencanaan ini gaya yang digunakan pada ground anchor eksisting adalah sebesar 362 kN pada angkur baris 1 dan 307 kN pada angkur baris 2.

#### 4.4 Data Perkuatan Dinding Penahan Tanah

##### 4.4.1 Data Soldier Pile Eksisting

Salah satu konstruksi yang berfungsi untuk meningkatkan tahanan geser pada tanah adalah *Soldier Pile*, konstruksi ini digunakan untuk kondisi eksisting di lapangan yang telah terjadi defleksi. Data *Soldier Pile* yang digunakan dalam perencanaan eksisting di lapangan spesifikasinya sebagai berikut :

Panjang *soldier pile* : 26 meter (13 meter *free standing* dan 13 meter panjang tertanam)

Diameter *soldier pile* : 0.8 meter

Mutu Beton : K-350

Tulangan : 16 D22

##### 4.4.2 Data Soldier Pile Baru

Data *Soldier Pile* yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini adalah produk dengan spesifikasi sebagai berikut:

Panjang *bored pile* : 27.5 m

Diameter *bored pile* : 1 m

Mutu beton : K350

Tulangan : 25 D22

##### 4.4.3 Data Ground Anchor Eksisting

*Ground Anchor* berfungsi untuk menahan beban lateral di belakang penahan tanah sehingga kestabilan talud tetap terjaga. Berikut ini data *Ground Anchor* eksisting pada proyek :

- Jumlah strand GA 1 = 3  $\phi$  1/2"
- Jumlah strand GA 2 = 3  $\phi$  1/2"
- Panjang fixed length GA 1 = 10 m
- Panjang fixed length GA 2 = 10 m
- Panjang free length GA 1 = 15 m
- Panjang free length GA 1 = 15 m
- Ultimate Tensile Strength (UTS) 1 strand = 184 kN

##### 4.4.4 Data Ground Anchor Tambahan

Data *Ground Anchor* yang digunakan pada perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Panjang fixed length GA elevasi -9 m = 9 m
- Panjang fixed length GA elevasi -10 m = 10 m
- Gaya prategang angkur elevasi -9 m = 448.15 kN
- Gaya prategang angkur elevasi -10 m = 473.29 kN

## 4.5 Perencanaan Perkuatan Turap

### 4.5.1 Perencanaan Perkuatan Turap *Soldier Pile*

Perencanaan perkuatan ini menggunakan data tanah di lapangan yang didominasi oleh lempung

#### 1. Perhitungan koefisien tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif diperoleh dengan menggunakan rumus Rankine yaitu:

##### a. Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan rumus rumus 2.6

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_{a1} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{0}{2} \right) \\ = 1$$

##### b. Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan rumus rumus 2.10

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_{a1} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{0}{2} \right) \\ = 1$$

Hasil dari perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan koefisien tekanan tanah pasif dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data perencanaan *soldier pile*

Klasifikasi Tanah	N-SPT	Depth	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Strength			Ka	Kp
				$\phi^\circ$	Cu (kPa)	C' (kPa)		
Silty clay	4	0-3m	16	0	30	4	1	1
Clay/Silt	15	3-14m	16.5	0	105	15	1	1
Sand silt	40	14-17m	18	0	0	0	1	1
Clay/Silt	10	17-21m	16	0	70	10	1	1
Clay/Silt	20	21-26m	17	0	140	25	1	1

## 2. Perhitungan $\sigma_v$ dan $\sigma_H$

q = beban jalan

$$= 10 \text{ kN/m}^2$$

### a. Tekanan Tanah Aktif

#### - Titik 1

$$\sigma_{v1} = q$$

$$= 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H1} = (\sigma_v \times K_a) - (2C_x K_a^{0.5})$$

$$= 10 \times 1 - (2 \times 30 \times 1^{0.5})$$

$$= -50 \text{ kN/m}^2$$

#### - Titik 2 atas

$$\sigma_{v2a} = q + (\gamma_1' \times h_1)$$

$$= 10 + (16 \times 3)$$

$$= 58 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2a} = (\sigma_v \times K_a) - (2C_x K_a^{0.5})$$

$$= 58 \times 1 - (2 \times 30 \times 1^{0.5})$$

$$= - 2 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 2 bawah

$$\sigma_{v2b} = q + (\gamma_1' \times h_1)$$

$$= 10 + (16 \times 3)$$

$$= 58 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2b} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 58 \times 1 - (2 \times 105 \times 1^{0.5})$$

$$= - 152 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 3 atas

$$\sigma_{v3a} = q + (\gamma_2' \times h_2)$$

$$= 58 + (16.5 \times 11)$$

$$= 239.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H3a} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 239.5 \times 1 - (2 \times 105 \times 1^{0.5})$$

$$= 29.5 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 3 bawah

$$\sigma_{v3b} = q + (\gamma_2' \times h_2)$$

$$= 58 + (16.5 \times 11)$$

$$= 239.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H3b} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 239.5 \times 1 - (2 \times 0 \times 1^{0.5})$$

$$= 239.5 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 4 atas

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4a} &= q + (\gamma_3' \times h_3) \\
 &= 239.5 + (18 \times 3) \\
 &= 293.5 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4a} &= (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5}) \\
 &= 293.5 \times 1 - (2 \times 0 \times 1^{0.5}) \\
 &= 293.5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 4 bawah

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4b} &= q + (\gamma_3' \times h_3) \\
 &= 239.5 + (18 \times 3) \\
 &= 293.5 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4b} &= (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5}) \\
 &= 293.5 \times 1 - (2 \times 70 \times 1^{0.5}) \\
 &= 153.5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 5 atas

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v5a} &= q + (\gamma_4' \times h_4) \\
 &= 293.5 + (16 \times 4) \\
 &= 357.5 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H5a} &= (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5}) \\
 &= 357.5 \times 1 - (2 \times 70 \times 1^{0.5}) \\
 &= 217.5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 5 bawah

$$\sigma_{v5b} = q + (\gamma_4' \times h_4)$$

$$= 293.5 + (16 \times 4)$$

$$= 357.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H5b} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 357.5 \times 1 - (2 \times 140 \times 1^{0.5})$$

$$= 77.5 \text{ kN/m}^2$$

- Titik O

$$\sigma_{vo} = q + (\gamma_5' \times h_5)$$

$$= 357.5 + (17 \times D_o)$$

$$= 357.5 + 17D_o \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{Ho} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= (357.5 + 17D_o) \times 1 - (2 \times 140 \times 1^{0.5})$$

$$= 17D_o + 77.5 \text{ kN/m}^2$$

b. Tekanan Tanah Pasif

- Titik 1

$$\sigma_{v1} = q$$

$$= 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H1} = (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 0 \times 1 + (2 \times 105 \times 1^{0.5})$$

$$= 210 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 2 atas

$$\sigma_{v2a} = q + (\gamma_2' \times h_1)$$

$$= 0 + (16.5 \times 0.65)$$

$$= 10.725 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2a} = (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 10.725 \times 1 + (2 \times 105 \times 1^{0.5})$$

$$= 220.73 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 2 bawah

$$\sigma_{v2b} = q + (\gamma_2' \times h_1)$$

$$= 0 + (16.5 \times 0.65)$$

$$= 10.725 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2b} = (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 10.725 \times 1 + (2 \times 0 \times 1^{0.5})$$

$$= 10.725 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 3 atas

$$\sigma_{v3a} = q + (\gamma_3' \times h_2)$$

$$= 10.725 + (18 \times 3)$$

$$= 64.725 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H3a} = (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 64.725 \times 1 + (2 \times 0 \times 1^{0.5})$$

$$= 64.725 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 3 bawah

$$\sigma_{v3b} = q + (\gamma_3' \times h_2)$$

$$= 10.725 + (18 \times 3)$$



$$= 64.725 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_{H3b} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 64.725 \times 1 + (2 \times 70 \times 1^{0.5}) \\ &= 204.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 4 atas

$$\begin{aligned}\sigma_{v4a} &= q + (\gamma_4' \times h_3) \\ &= 64.725 + (16 \times 4) \\ &= 128.725 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{H4a} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 128.725 \times 1 + (2 \times 70 \times 1^{0.5}) \\ &= 268.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 4 bawah

$$\begin{aligned}\sigma_{v4b} &= q + (\gamma_4' \times h_3) \\ &= 64.725 + (16 \times 4) \\ &= 128.725 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{H4b} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 128.725 \times 1 + (2 \times 140 \times 1^{0.5}) \\ &= 408.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}\sigma_{vo} &= q + (\gamma_5' \times h_4) \\ &= 128.725 + (17 \times D_o) \\ &= 128.725 + 17D_o \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{Ho} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\
 &= (128.725 + 17D_o) \times 1 + (2 \times 140 \times 1^{0.5}) \\
 &= 17D_o + 408.725 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

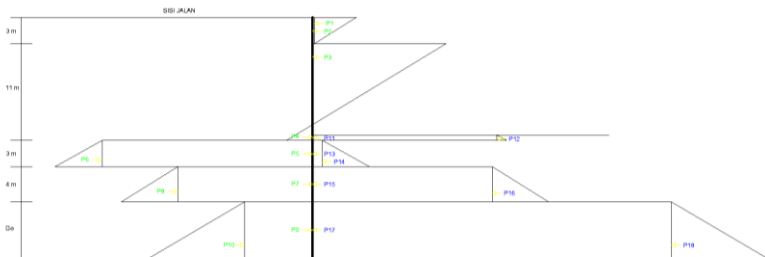
c. Tekanan Air Aktif

$$\begin{aligned}
 \Sigma a_w &= \gamma'_w \times (D_o + 21) \\
 &= 10 \times (D_o + 21) \\
 &= 10D_o + 210 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

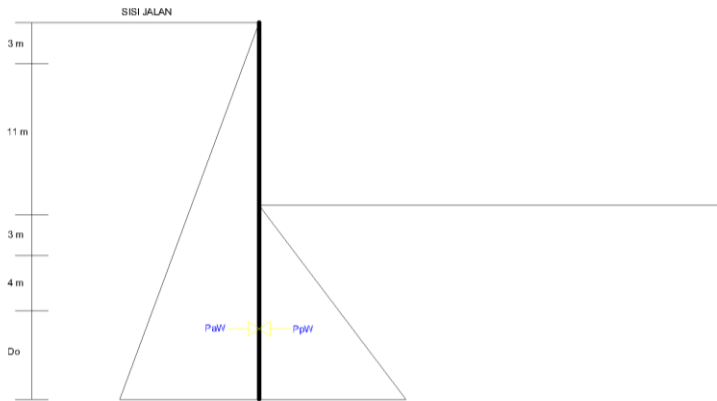
d. Tekanan Air Pasif

$$\begin{aligned}
 \sigma_{pw} &= \gamma'_w \times (D_o + 7.65) \\
 &= 10 \times (D_o + 7.65) \\
 &= 10D_o + 76.5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan tegangan dan tekanan tanah lateral pada turap dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan 4.17 dibawah ini.



Gambar 4. 16 Diagram tekanan tanah lateral *soldier pile*



Gambar 4. 17 Diagram tekanan air *soldier pile*

### 3. Perhitungan Kedalaman Turap

Untuk perhitungan momen yang terjadi pada turap dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Gaya tekanan aktif turap basemen caspian Tower

Ket	Pai (kN)	Ph lengan (m)	Ph momen (kN-m)
P1	0.000	20 + Do	0
P2	0.000	19.5 + Do	0
P3	0.000	12.5 + Do	0
P4	26.550	10.67 + Do	26.55 Do + 283.29
P5	718.500	5.5 + Do	718.5 Do + 3951.75
P6	81.000	5 + Do	81 Do + 405
P7	614.000	2 + Do	614 Do + 1228
P8	128.000	1.33 + Do	128 Do + 170.24
P9	77.5 Do	0.5 Do	38.75 Do <sup>2</sup>
P10	8.5Do <sup>2</sup> + 38.75Do	0.33 Do	2.833Do <sup>3</sup> + 12.92Do <sup>2</sup>
Σ			2.833 Do <sup>3</sup> + 51.67Do <sup>2</sup> + 1568.050Do + 6038.28

Tabel 4. 5 Gaya tekanan pasif basemen caspian tower

Ket	Pai (kN)	Ph lengan (m)	Ph momen (kN-m)
P11	136.500	7.325 + Do	136.5 Do + 999.86
P12	3.486	7.217 + Do	3.4856 Do + 25.16
P13	32.175	5.5 + Do	32.175 Do + 176.96
P14	81.000	5 + Do	81 Do + 405
P15	818.900	2 + Do	818.9 Do + 1637.8
P16	128.000	1.33 + Do	128 Do + 170.24
P17	408.73Do	0.5 Do	204.365 Do <sup>2</sup>
P18	8.5Do <sup>2</sup> + 204.365Do	0.33 Do	2.833 D0 <sup>3</sup> + 68.12 Do <sup>2</sup>
Σ			2.833Do <sup>3</sup> + 272.49Do <sup>2</sup> + 1200.06 Do + 3415.02

Tabel 4. 6 Gaya tekanan air basemen Caspian tower

Ket	P (kN)	Ph lengan (m)	Ph momen (kN-m)
PaW	5Do <sup>2</sup> + 210Do + 2205	1/3 Do + 7	1.67 Do <sup>3</sup> + 105Do <sup>2</sup> + 2205Do + 15435
PpW	5Do <sup>2</sup> + 76.5Do + 292.6125	1/3Do + 2.55	1.67 Do <sup>3</sup> + 38.25Do <sup>2</sup> + 292.615Do + 746.16

$$\begin{aligned}\sum \text{Momen} &= \sum \text{Momen aktif} + \sum \text{Momen pasif} \\ \sum \text{Momen} &= (-220.82\text{Do}^2 + 367.99\text{Do} + 1023.26) \\ \text{Do} &= 5.333 \text{ meter} \\ D &= \text{SF} \times \text{Do} = 1.5 \times 5.333 = 8 \text{ meter} \\ \text{Panjang total turap} &= 21 + 8 = 29 \text{ meter}\end{aligned}$$

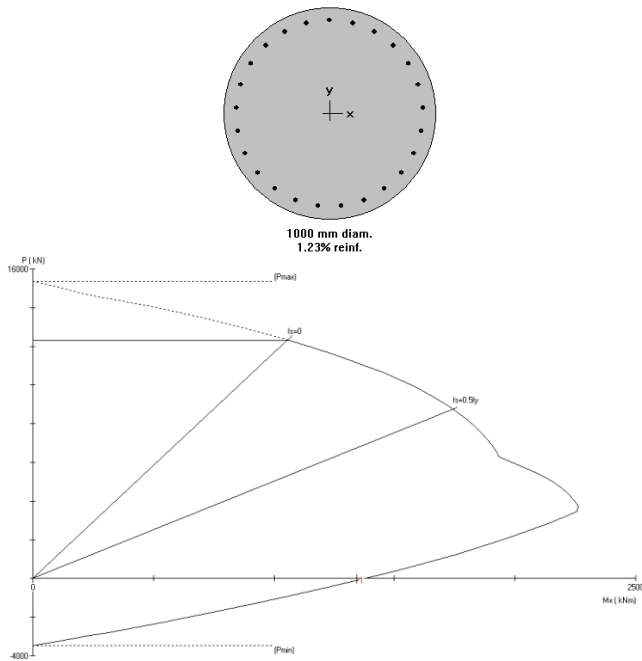
#### 4. Momen maksimum

$$\begin{aligned}M_x &= -220.82\text{Do}^2 + 367.99\text{Do} + 1023.26 \\ M_x/D_x &= -220.82\text{Do} + 367.99 \\ X &= 0.37 \text{ meter} \\ M_{\text{maks}} &= -220.82(0.37)^2 + 367.99(0.37) + 1023.26 \\ &= 1120.2 \text{ kNm}\end{aligned}$$

#### 5. Perencanaan *Soldier Pile*

##### a. Perencanaan tulangan Utama

Dengan menggunakan program bantu pca Column, direncanakan *soldier pile* berukuran 1000mm dengan mutu beton K350 dan mutu tulangan 400 Mpa. Direncanakan tulangan berdiameter 22 mm dengan jumlah tulangan 25. Gambar diagram interaksi penulangan dari pca Column dapat dilihat pada Gambar 4.18



Gambar 4. 18 Diagram interaksi penulangan *soldier pile*

Dari hasil perhitungan, didapatkan data *soldier pile* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= 1000 \text{ mm} \\
 E_c &= 25743 \text{ Mpa} \\
 I_x = I_y &= 49087388.521 \text{ cm}^4 \\
 \phi M_n &= 1379.83 \text{ kNm} \\
 Z &= \phi M_n / f_y \\
 &= \frac{1379.83 \text{ kNm}}{30000 \text{ kN/m}^2} \\
 &= 0.045994 \text{ m}^3 \\
 &= 45994 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

## b. Tulangan Geser

Dari hasil Plaxis dipakai pembebanan gaya geser terbesar pada *soldier pile* dimana  $V_u = 177730$  N. Berdasarkan SNI 2847-2013 pada pasal 11.1.1 desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u = 177730 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} x \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 0.17 x 1 x \sqrt{30} x \frac{1}{4} \pi 1000^2 \\ &= 731306.49 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan sengkang spiral D10 dengan jarak 200 mm.

$$V_s = \frac{A_v x f_y t x d}{s}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 x \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 2 x \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 157.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$d = 1000 - 40 - 10 - 0.5 x 22 = 939 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{157.08 x 240 x 939}{200} \\ &= 176997.74 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 731306.49 \text{ N} + 176997.74 \text{ N} \\ &= 908304.23 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.75 x 908304.23 \text{ N} \geq 177730 \text{ N}$$

$$681228.17 \geq 177730 \text{ N (OK!)}$$

## 6. Cek penampang profil

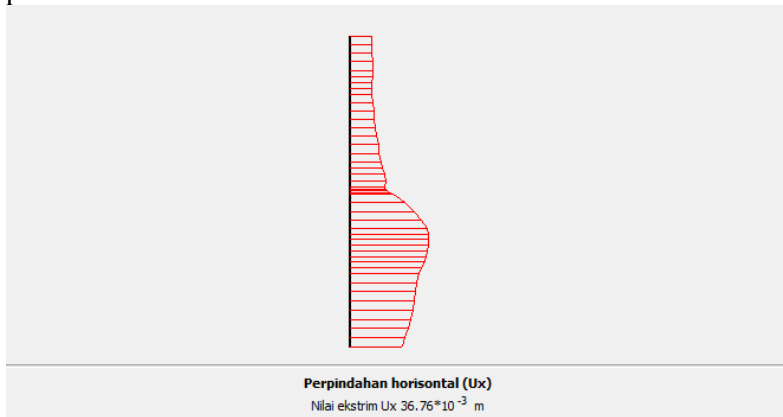
$$Z_o = \frac{M_{desain}}{\sigma_{allow}} x 10^6$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(1120 \times 1.2)}{240000} \times 10^6 \\
 &= 5600 \text{ cm}^3 \\
 Z_o &\leq Z
 \end{aligned}$$

$$5600 \text{ cm}^3 \leq 45994 \text{ cm}^3 \text{ (OK)}$$

#### 7. Defleksi *Soldier Pile*

Hasil analisa program Plaxis, didapat defleksi *Soldier Pile* pada saat galian mencapai elevasi -13.35 meter dapat dilihat pada Gambar 4.19 di bawah ini:



Gambar 4. 19 Defleksi *Soldier Pile*

$$\begin{aligned}
 \text{Defleksi} &= 0.03676 \text{ m} \\
 &= 3.6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### 8. Perencanaan *Capping Beam*

Perencanaan *capping beam* pada Tugas Akhir ini hanya berfungsi sebagai pengikat antar *soldier pile*. Karena pada perencanaan *soldier pile* perhitungannya menggunakan tiang tunggal, sehingga tidak ada momen yang terjadi pada *capping beam*. Untuk penulangan *capping beam* hanya menggunakan tulangan susut sesuai dengan SNI 2847- 2013 pasal 7.12.2.1.

Data perencanaannya sebagai berikut:

$$b = 1.2 \text{ meter}$$

$h = 1$  meter

$f_c' = 30$  MPa (K350)

Cover = 40 mm

Diameter tulangan = 19 mm

$d = 1000 - 40 - 13 - 19/2 = 937.5$  mm

$\rho$  perlu =  $\rho$  minimum = 0.0018

$A_s$  perlu =  $0.0018 \times 1000 \times 937.5 = 1687.5$  mm<sup>2</sup>

Maka, digunakan tulangan D19-150

Untuk tulangan bagi dipakai 20%  $A_s = 337.5$  mm<sup>2</sup>

Maka, digunakan tulangan D13-200

#### 4.5.2 Perencanaan Perkuatan *Ground Anchor* tambahan pada *Soldier Pile*

Perencanaan perkuatan ini menggunakan data tanah di lapangan yang didominasi oleh lempung

##### 1. Perhitungan koefisien tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif diperoleh dengan menggunakan rumus Rankine yaitu:

##### a. Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan rumus rumus 2.6

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_{a1} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{0}{2} \right)$$

$$= 1$$

##### b. Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan rumus rumus 2.10

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_{a1} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{0}{2} \right)$$

$$= 1$$

Hasil dari perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan koefisien tekanan tanah pasif dapat dilihat pada Tabel 4.3.



Tabel 4. 7 Data perencanaan *soldier pile*

Klasifikasi Tanah	N-SPT	Depth	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Strength			Ka	Kp
				$\phi^\circ$	Cu (kPa)	C' (kPa)		
Silty clay	4	0-3m	16	0	30	4	1	1
Clay/Silt	15	3-14m	16.5	0	105	15	1	1
Sand silt	40	14-17m	18	0	0	0	1	1
Clay/Silt	10	17-21m	16	0	70	10	1	1
Clay/Silt	20	21-26m	17	0	140	25	1	1

### 3. Perhitungan $\sigma_v$ dan $\sigma_H$

q = beban jalan

$$= 10 \text{ kN/m}^2$$

#### b. Tekanan Tanah Aktif

##### - Titik 1

$$\sigma_{v1} = q$$

$$= 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H1} = (\sigma_v \times K_a) - (2C_x K_a^{0.5})$$

$$= 10 \times 1 - (2 \times 30 \times 1^{0.5})$$

$$= -50 \text{ kN/m}^2$$

##### - Titik 2 atas

$$\sigma_{v2a} = q + (\gamma_1' \times h_1)$$

$$= 10 + (16 \times 3)$$

$$= 58 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2a} = (\sigma_v \times K_a) - (2C_x K_a^{0.5})$$

$$= 58 \times 1 - (2 \times 30 \times 1^{0.5})$$

$$= - 2 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 2 bawah

$$\sigma_{v2b} = q + (\gamma_1' \times h_1)$$

$$= 10 + (16 \times 3)$$

$$= 58 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H2b} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 58 \times 1 - (2 \times 105 \times 1^{0.5})$$

$$= - 152 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 3 atas

$$\sigma_{v3a} = q + (\gamma_2' \times h_2)$$

$$= 58 + (16.5 \times 11)$$

$$= 239.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H3a} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 239.5 \times 1 - (2 \times 105 \times 1^{0.5})$$

$$= 29.5 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 3 bawah

$$\sigma_{v3b} = q + (\gamma_2' \times h_2)$$

$$= 58 + (16.5 \times 11)$$

$$= 239.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H3b} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 239.5 \times 1 - (2 \times 0 \times 1^{0.5})$$

$$= 239.5 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 4 atas

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4a} &= q + (\gamma_3' \times h_3) \\
 &= 239.5 + (18 \times 3) \\
 &= 293.5 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4a} &= (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5}) \\
 &= 293.5 \times 1 - (2 \times 0 \times 1^{0.5}) \\
 &= 293.5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 4 bawah

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v4b} &= q + (\gamma_3' \times h_3) \\
 &= 239.5 + (18 \times 3) \\
 &= 293.5 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H4b} &= (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5}) \\
 &= 293.5 \times 1 - (2 \times 70 \times 1^{0.5}) \\
 &= 153.5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 5 atas

$$\begin{aligned}
 \sigma_{v5a} &= q + (\gamma_4' \times h_4) \\
 &= 293.5 + (16 \times 4) \\
 &= 357.5 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_{H5a} &= (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5}) \\
 &= 357.5 \times 1 - (2 \times 70 \times 1^{0.5}) \\
 &= 217.5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Titik 5 bawah

$$\sigma_{v5b} = q + (\gamma_4' \times h_4)$$

$$= 293.5 + (16 \times 4)$$

$$= 357.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H5b} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 357.5 \times 1 - (2 \times 140 \times 1^{0.5})$$

$$= 77.5 \text{ kN/m}^2$$

- Titik O

$$\sigma_{vo} = q + (\gamma_5' \times h_5)$$

$$= 357.5 + (17 \times D_o)$$

$$= 357.5 + 17D_o \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{Ho} = (\sigma_v \times K_a) - (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= (357.5 + 17D_o) \times 1 - (2 \times 140 \times 1^{0.5})$$

$$= 17D_o + 77.5 \text{ kN/m}^2$$

f. Tekanan Tanah Pasif

- Titik 1

$$\sigma_{v1} = q$$

$$= 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{H1} = (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5})$$

$$= 0 \times 1 + (2 \times 105 \times 1^{0.5})$$

$$= 210 \text{ kN/m}^2$$

- Titik 2 atas

$$\sigma_{v2a} = q + (\gamma_2' \times h_1)$$

$$= 0 + (16.5 \times 0.65)$$

$$= 10.725 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_{H2a} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 10.725 \times 1 + (2 \times 105 \times 1^{0.5}) \\ &= 220.73 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 2 bawah

$$\begin{aligned}\sigma_{v2b} &= q + (\gamma_2' \times h_1) \\ &= 0 + (16.5 \times 0.65) \\ &= 10.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{H2b} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 10.725 \times 1 + (2 \times 0 \times 1^{0.5}) \\ &= 10.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 3 atas

$$\begin{aligned}\sigma_{v3a} &= q + (\gamma_3' \times h_2) \\ &= 10.725 + (18 \times 3) \\ &= 64.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{H3a} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 64.725 \times 1 + (2 \times 0 \times 1^{0.5}) \\ &= 64.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 3 bawah

$$\begin{aligned}\sigma_{v3b} &= q + (\gamma_3' \times h_2) \\ &= 10.725 + (18 \times 3)\end{aligned}$$

$$= 64.725 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_{H3b} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 64.725 \times 1 + (2 \times 70 \times 1^{0.5}) \\ &= 204.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 4 atas

$$\begin{aligned}\sigma_{v4a} &= q + (\gamma_4' \times h_3) \\ &= 64.725 + (16 \times 4) \\ &= 128.725 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{H4a} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 128.725 \times 1 + (2 \times 70 \times 1^{0.5}) \\ &= 268.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 4 bawah

$$\begin{aligned}\sigma_{v4b} &= q + (\gamma_4' \times h_3) \\ &= 64.725 + (16 \times 4) \\ &= 128.725 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{H4b} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\ &= 128.725 \times 1 + (2 \times 140 \times 1^{0.5}) \\ &= 408.725 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik O

$$\begin{aligned}\sigma_{vo} &= q + (\gamma_5' \times h_4) \\ &= 128.725 + (17 \times D_o) \\ &= 128.725 + 17D_o \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{Ho} &= (\sigma_v \times K_a) + (2C \times K_a^{0.5}) \\
 &= (128.725 + 17D_o) \times 1 + (2 \times 140 \times 1^{0.5}) \\
 &= 17D_o + 408.725 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

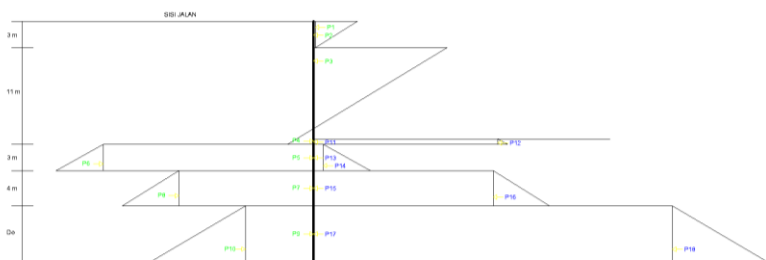
g. Tekanan Air Aktif

$$\begin{aligned}
 \Sigma a_w &= \gamma'_w \times (D_o + 21) \\
 &= 10 \times (D_o + 21) \\
 &= 10D_o + 210 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

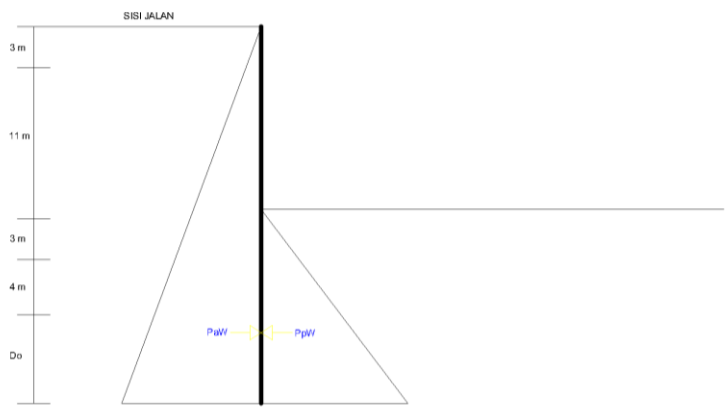
h. Tekanan Air Pasif

$$\begin{aligned}
 \sigma_{pw} &= \gamma'_w \times (D_o + 7.65) \\
 &= 10 \times (D_o + 7.65) \\
 &= 10D_o + 76.5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan tegangan dan tekanan tanah lateral pada turap dapat dilihat pada Gambar 4.20 dan 4.21.



Gambar 4. 20 Diagram tekanan tanah lateral *soldier pile*



Gambar 4. 21 Diagram tekanan air *soldier pile*

2. Perencanaan *Ground Anchor*

Untuk merencanakan *Ground Anchor* pada soldier pile diperlukan nilai Mresisten dan radius bidang longsor tanah dari program bantu Xtable seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.22.

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : CASPIANCB

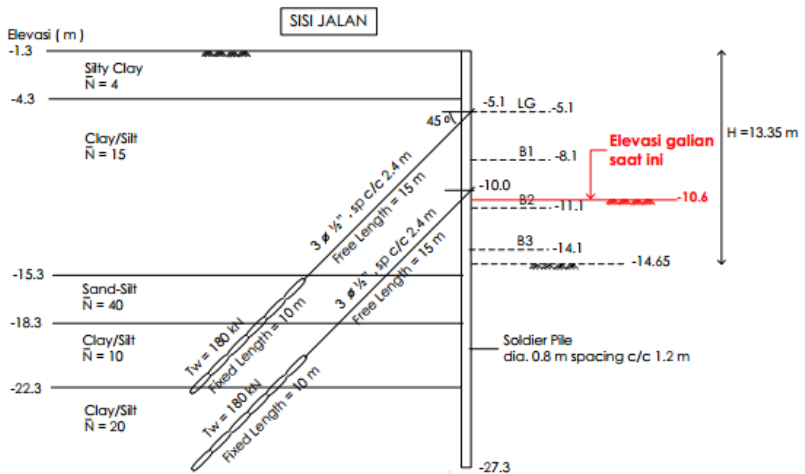
	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.097	21.39	27.04	18.46	10.56	39.78	3.067E+04
2.	1.159	20.56	26.82	17.80	10.56	38.31	3.007E+04
3.	1.172	17.71	31.75	22.71	6.33	39.54	4.213E+04
4.	1.173	22.80	26.02	17.21	12.67	40.00	2.833E+04
5.	1.178	22.70	26.09	17.22	12.67	39.90	2.841E+04
6.	1.209	22.47	26.67	17.56	12.67	39.98	2.971E+04
7.	1.218	21.44	26.44	18.01	10.56	39.43	3.313E+04
8.	1.239	14.73	26.58	17.89	4.22	32.59	2.961E+04
9.	1.268	14.49	35.73	26.67	2.11	39.12	5.287E+04
10.	1.278	18.64	31.87	22.24	8.44	39.95	4.298E+04

\*\*\* END OF FILE \*\*\*

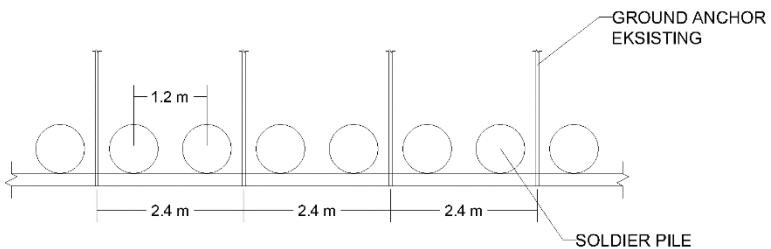
Gambar 4. 22 Nilai Mresisten dan radius bidang longsor tanah



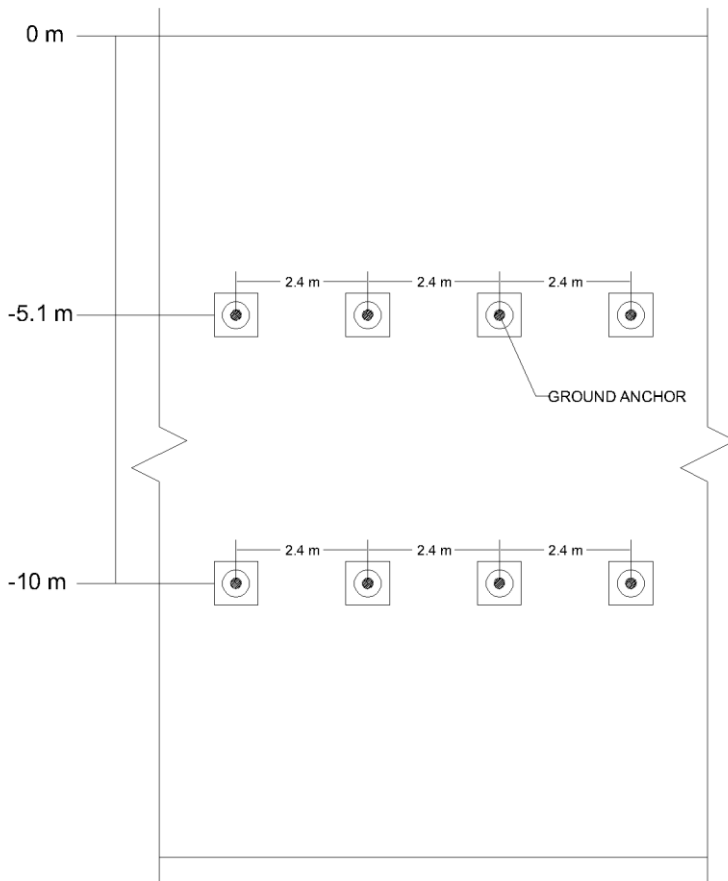
Kondisi eksisting letak *Ground Anchor* yang ada pada basement gedung Apartemen Caspian Tower ditunjukkan pada Gambar 4.23, Gambar 4.24, dan Gambar 4.25.



Gambar 4. 23 Potongan Melintang *Ground Anchor* Eksisting



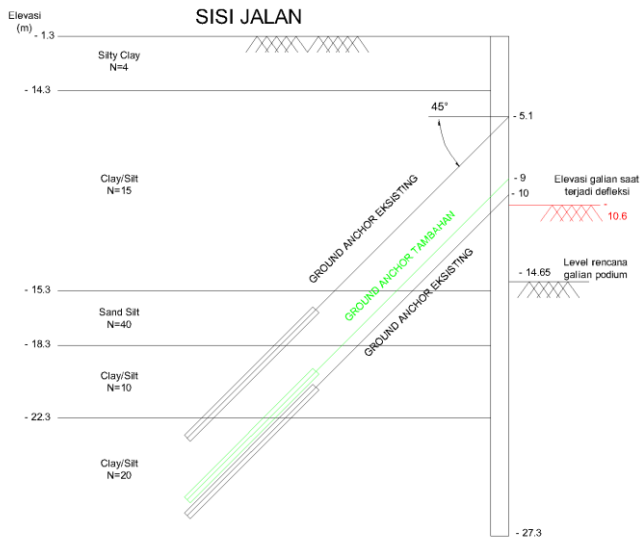
Gambar 4. 24 Tampak Atas *Ground Anchor* Eksisting



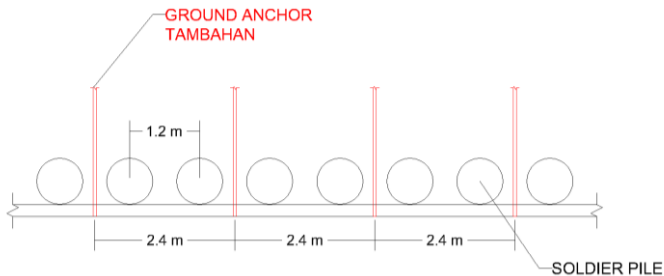
Gambar 4. 25 Tampak Depan *Ground Anchor* Eksisting

Alternatif rencana tambahan *Ground Anchor* diletakkan pada kedalaman 9 m dengan jarak antar angkur 2.4 m (Gambar 4.26, Gambar 4.27, dan Gambar 4.28); dan pada kedalaman 10 m

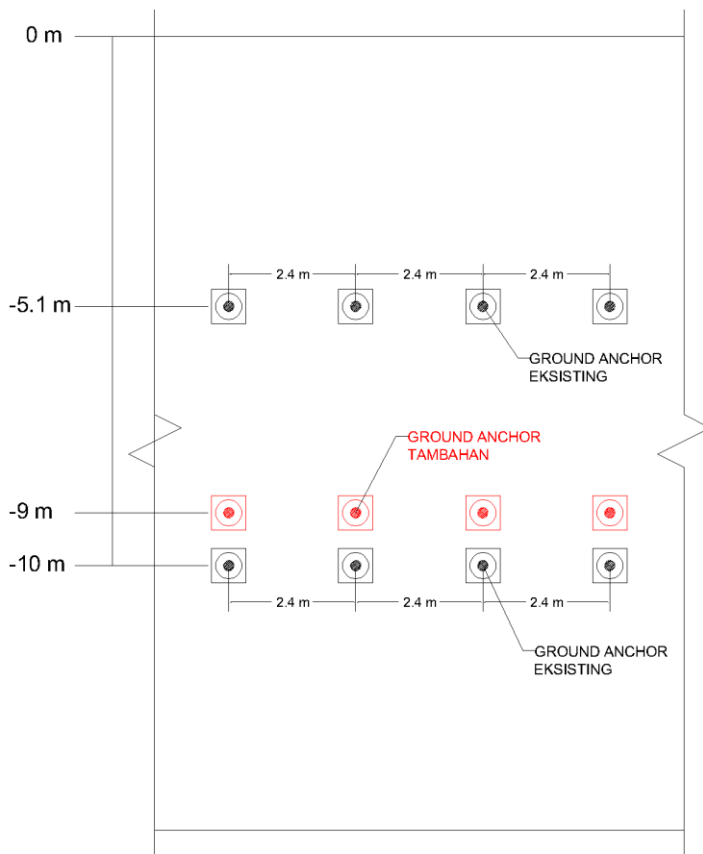
dengan jarak antar angkur 2.4 m yang diletakkan diantara *Ground Anchor* eksisting seperti ditunjukkan pada Gambar 4.29, Gambar 4.30, dan Gambar 4.31.



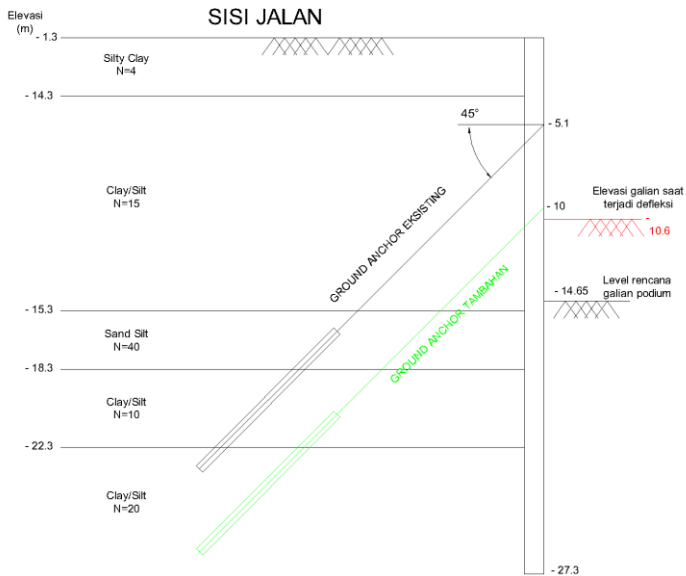
Gambar 4. 26 Potongan Melintang *Ground Anchor* Tambahan pada Kedalaman 9 meter.



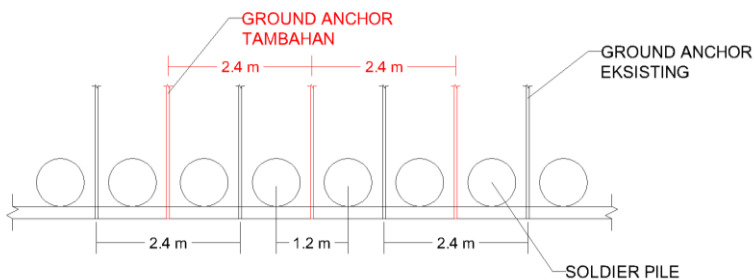
Gambar 4. 27 Tampak Atas dari Tata Letak *Ground Anchor* Tambahan pada Kedalaman 9 Meter



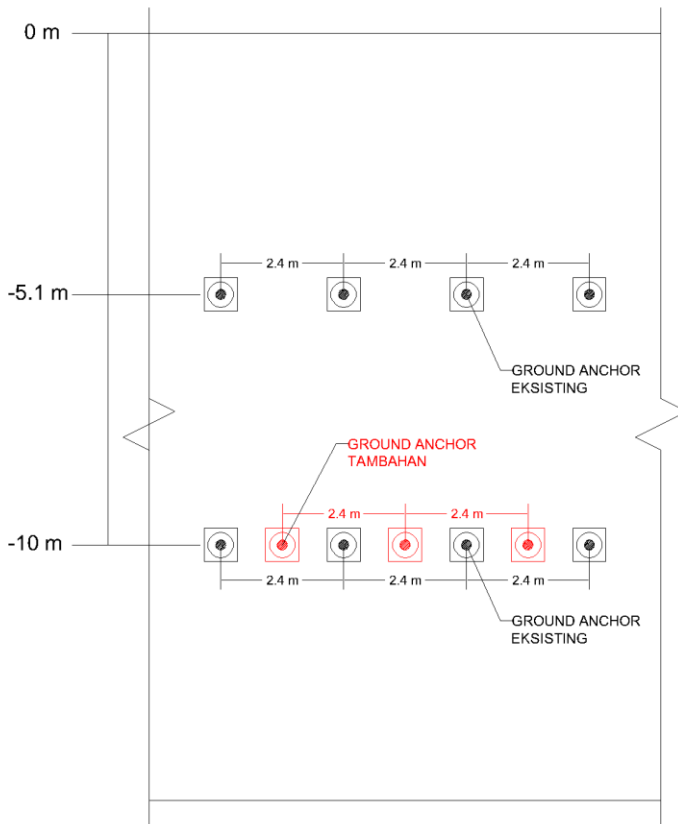
Gambar 4. 28 Tampak Depan *Ground Anchor* Tambahan pada Kedalaman 9.0 Meter



Gambar 4. 29 Potongan Melintang *Ground Anchor* Tambahan Kedalaman 10 meter



Gambar 4. 30 Tampak Atas *Ground Anchor* Tambahan Kedalaman 10 Meter



Gambar 4. 31 Tampak Depan *Ground Anchor* Tambahan pada Kedalaman 10 Meter

Perhitungan gaya prategang, panjang fixed length dan jumlah angkur untuk kedalaman 9 meter dan 10 meter adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan kapasitas batas angkur dan tegangan geser untuk kedalaman 9 meter adalah sebagai berikut :

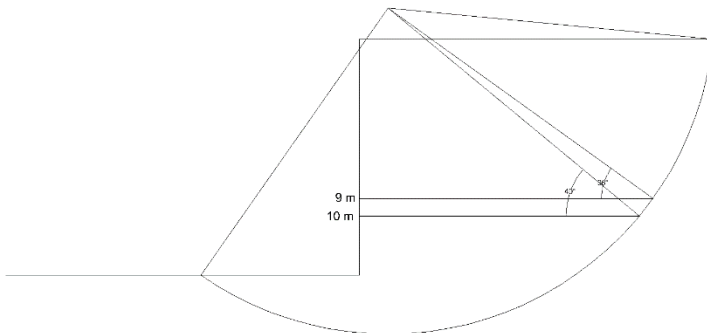
$$\begin{aligned}
 \text{SF aktual} &= 1.097 \text{ (Terkritis)} \\
 \text{Mres aktual} &= 3067 \text{ kN-m} \\
 \text{Radius} &= 18.46 \text{ m} \\
 \text{Momen dorong} &= \frac{\text{Momen resisten}}{\text{SF}} \\
 &= \frac{3067}{1.097} \\
 &= 2795.81 \text{ kN-m} \\
 \text{SF Rencana} &= 1.5 \\
 \text{Mres rencana} &= \text{Momen dorong} \times \text{SF rencana} \\
 &= 2795.81 \text{ kN-m} \times 1.5 \\
 &= 4193.710 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

Maka, didapat nilai  $\Delta MR$  yaitu nilai momen yang akan dipikul oleh *ground anchor* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta MR &= M_r \text{ rencana} - M_r \text{ aktual} \\
 &= 4193.710 - 3067 \\
 &= 1126.71 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan *ground anchor* direncanakan setiap 2.4 meter, maka nilai momen yang dipikul *ground anchor* harus dikalikan 2.4 :

$$\begin{aligned}
 \Delta MR &= 1126.71 \times 2.4 \\
 &= 2704.104 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 32 Sudut  $\beta_1$  dan  $\beta_2$ 

Perhitungan gaya prategang tegak lurus bidang longsor (N) dengan menggunakan :

$$N = \frac{\Delta MR}{R \times \tan \phi^\circ}$$

$$N = \frac{2704.104}{18.46 \times \tan 22}$$

$$N = 362.56 \text{ kN}$$

Setelah mendapatkan nilai N, maka dicari nilai P yaitu gaya prategang yang tegak lurus lereng, dimana memiliki nilai  $\beta_1 = 36^\circ$  untuk kedalaman 9 meter, maka nilai P :

$$P_{\text{anchor}} = \frac{N_{\text{anchor 1}}}{\cos \beta_1}$$

$$P_{\text{anchor}} = \frac{362.56}{\cos 36^\circ}$$

$$P_{\text{anchor}} = 448.15 \text{ kN}$$

Menentukan panjang *grouting* yaitu dengan menggunakan persamaan dengan nilai  $SF = 2$  dan nilai  $C_u = 105 \text{ kN/m}^2$ . Untuk keseluruhan perhitungan P (gaya *anchor*), L (panjang *grouting*), dan D (diameter *anxhor*) adalah sebagai berikut.

$$P \times SF = C \times \pi \times D \times L$$

$$L = \frac{P \times SF}{C \times \pi \times D}$$

$$L = \frac{448.15 \times 2}{105 \times \pi \times 0.3}$$



$$L = 9.0571 \text{ m} \approx 9 \text{ m}$$

Selanjutnya untuk jumlah angkur yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Panjang dinding sisi jalan} &= 57.6 \\ \text{Jumlah angkur yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Panjang dinding sisi jalan}}{\text{Jarak tiap angkur}} \\ &= \frac{57.6}{2.4} \\ &= 24 \text{ buah} \end{aligned}$$

2. Perhitungan kapasitas batas angkur dan tegangan geser untuk kedalaman 10 meter adalah sebagai berikut :

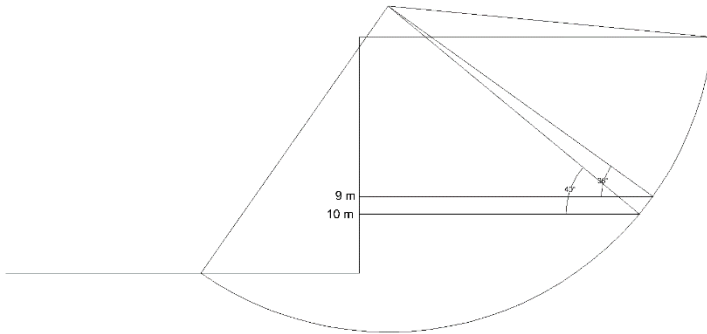
$$\begin{aligned} \text{SF aktual} &= 1.097 \text{ (Terkritis)} \\ \text{Mres actual} &= 3067 \text{ kN-m} \\ \text{Radius} &= 18.46 \text{ m} \\ \text{Momen dorong} &= \frac{\text{Momen resisten}}{SF} \\ &= \frac{3067}{1.097} \\ &= 2795.81 \text{ kN-m} \\ \text{SF Rencana} &= 1.5 \\ \text{Mres rencana} &= \text{Momen dorong} \times \text{SF rencana} \\ &= 2795.81 \text{ kN-m} \times 1.5 \\ &= 4193.710 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Maka, didapat nilai  $\Delta MR$  yaitu nilai momen yang akan dipikul oleh *ground anchor* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta MR &= M_r \text{ rencana} - M_r \text{ aktual} \\ &= 4193.710 - 3067 \\ &= 1126.71 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Dikarenakan *ground anchor* direncanakan setiap 2.4 meter, maka nilai momen yang dipikul *ground anchor* harus dikalikan 2.4 :

$$\begin{aligned} \Delta MR &= 1126.71 \times 2.4 \\ &= 2704.104 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Gambar 4. 33 Sudut  $\beta_1$  dan  $\beta_2$ 

Perhitungan gaya prategang tegak lurus bidang longsor (N) dengan menggunakan :

$$N = \frac{\Delta MR}{R \times \tan \phi^\circ}$$

$$N = \frac{2704.104}{18.46 \times \tan 22}$$

$$N = 362.56 \text{ kN}$$

Setelah mendapatkan nilai N, maka dicari nilai P yaitu gaya prategang yang tegak lurus lereng, dimana memiliki nilai  $\beta_1 = 40^\circ$  untuk kedalaman 10 meter, maka nilai P :

$$P_{\text{anchor}} = \frac{N_{\text{anchor 1}}}{\cos \beta_1}$$

$$P_{\text{anchor}} = \frac{362.56}{\cos 40^\circ}$$

$$P_{\text{anchor}} = 473.29 \text{ kN}$$

Menentukan panjang *grouting* yaitu dengan menggunakan persamaan dengan nilai  $SF = 2$  dan nilai  $C_u = 105 \text{ kN/m}^2$ . Untuk keseluruhan perhitungan  $P$  (gaya *anchor*),  $L$  (panjang *grouting*), dan  $D$  (diameter *anxhor*) adalah sebagai berikut.

$$P \times SF = C \times \pi \times D \times L$$

$$L = \frac{P \times SF}{C \times \pi \times D}$$

$$L = \frac{473.29 \times 2}{105 \times \pi \times 0.3}$$

$$L = 9.565 \text{ m} \approx 10 \text{ m}$$

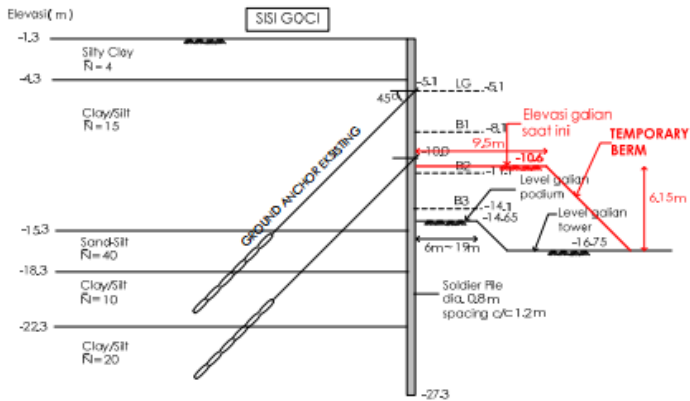
Selanjutnya untuk jumlah angkur yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Panjang dinding untuk angkur} &= 57.6 - (2.4 \times 2) \\ \text{tambahan} &= 52.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah angkur yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Panjang dinding}}{\text{Jarak tiap angkur}} \\ &= \frac{52.8}{2.4} \\ &= 22 \text{ buah} \end{aligned}$$

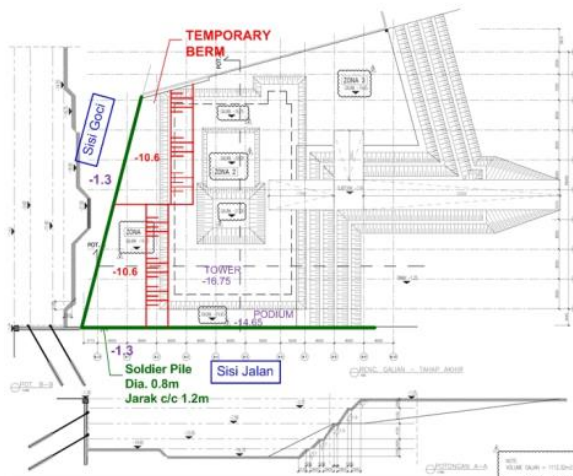
#### 4.5.3 Solusi Perkuatan Untuk Sisi Golden City Mall

Pada sisi Golden City Mall, dimana jarak anchor eksisting tidak beraturan akibat menghindari fondasi bangunan Golden City Mall maka tidak mungkin untuk menambahkan anchor sehingga pada sisi Golden City Mall tambahan supportnya adalah berupa temporary berm, seperti di ilustrasikan pada Gambar 4.34. dan Gambar 4.35.



Gambar 4. 34 Temporary Berm pada Sisi Golden City Mall

Untuk denah temporary berm dapat dilihat pada gambar 4.26



Gambar 4. 35 Denah Temporary Berm pada Sisi Golden City Mall

## 4.6 Perhitungan Biaya

### 4.6.1 Analisa Biaya *Soldier Pile*

Pada tabel 4.8 Ditampilkan total biaya dari perkuatan *Soldier Pile*. Total biaya meliputi harga beton, tulangan utama, sengkang, dan *capping beam*. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 8 Biaya *Soldier Pile*

Panjang (m)	Diameter (m)	Volume (m3)	Jumlah Total	Harga /m3	Harga Total (Rp)
27.5	1	21.60	48	1050000	1088561854
Tulangan Utama	Volume (m3)	Berat (kg)	Jumlah Total	Harga/kg	Harga Total (Rp)
25D22	0.261341239	2051.528725	48	7400	728703003.2
Sengkang	Volume (m3)	Berat (kg)	Jumlah Total	Harga/kg	Harga Total (Rp)
D10-200mm	0.296978681	2331.282642	48	7400	828071594.5
Capping Beam	Panjang (m)	Volume (m3)		Harga/m3	Harga Total (Rp)
	57.6	69.12		1050000	72576000
				Total	Rp 2.717.912.452,-

### 4.6.2 Analisa Biaya *Ground Anchor* Tambahan pada *Soldier Pile*

Pada tabel 4.9 ditampilkan biaya dari perkuatan *Ground Anchor*. Total biaya meliputi harga *anchor*, pengeboran dan *grouting*. Untuk detail perhitungan dapat dilihat di lampiran.

Tabel 4. 9 Biaya *Ground Anchor* Tambahan

Anchor	Panjang Grouting (m)	1 ankur + stressing	Panjang Total (m)	Jumlah Total	Harga Total (Rp)
Elevasi 9 meter	10	5000000	25	24	3000000000
Elevasi 10 meter	10	5000000	25	22	2750000000
Pengeboran	Panjang Grouting (m)	Biaya Pengeboran /lubang	Panjang Total (m)	Jumlah Total Lubang	Harga Total (Rp)
Elevasi 9 meter	10	1500000	25	24	36000000
Elevasi 10 meter	10	1500000	25	22	33000000
Grouting	Volume Grouting (m3)	Harga Grouting /m3	Panjang Total (m)	Jumlah Total	Harga Total (Rp)
Elevasi 9 meter	0.0195	1600000	25	24	748800
Elevasi 10 meter	0.0182	1600000	25	22	640640
			Total Biaya	Elev. 9m Elev. 10m	Rp 30.036.748.800,- Rp 27.533.640.640,-

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan biaya alternatif perkuatan :

Tabel 4. 10 Rekapitulasi biaya

Perkuatan		Biaya
<i>Soldier Pile</i>		Rp 2.717.912.452,-
<i>Ground Anchor</i>	Eelevasi 9 meter	Rp 30.036.748.800,-
	Elevasi 10 meter	Rp 27.533.640.640,-

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Evaluasi dan Usulan Tindakan Remedial dalam Perencanaan Dinding Penahan Tanah Basement Apartemen Caspian Tower dengan Menggunakan *Soldier Pile* pada Proyek Grand Gungkonno Lagoon Surabaya” ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

1. Tanah pada area basemen Apartemen Caspian Tower memiliki tanah asli didominasi oleh lempung berlanau. Pada kasus defleksi yang terjadi, setelah dicek menggunakan program bantu xtable ternyata untuk kondisi short-term tanah pada talud tersebut memiliki factor keamanan yang sangat kritis mendekati 1.
2. Memperhatikan bulan terjadinya defleksi pada dinding penahan tanah, diketahui bahwa defleksi yang melebihi batas toleransi yang diijinkan terjadi pada bulan saat musim penghujan. Jadi dapat disimpulkan bahwa kemungkinan terjadinya defleksi tersebut dikarenakan adanya air yang masuk ke dalam tanah dimana air tersebut kemudian terperangkap di dalam tanah sebagai *perched water*. Oleh karena itu pihak perencana harus melakukan pengecekan ulang terhadap perhitungan tekanan tanah yang terjadi pada dinding penahan tanah.
3. Untuk perhitungan kekuatan *Soldier Pile* dapat dilihat di lampiran. Rekapitulasi perhitungan desain kekuatan *Soldier Pile* adalah sebagai berikut:

Kedalaman (m)	Diameter (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Geser	Momen Max (kN-m)
27.5	1000	25 D22	D10-200	1344

4. Untuk detail perhitungan kekuatan *Ground anchor* tambahan dapat dilihat di lampiran. Rekapitulasi desain kekuatan adalah sebagai berikut :

Elevasi Angkur (meter)	Mresisten (kNm)	SF Lapangan	Mdorong (kNm)	Mres rencana (kNm)	$\Delta$ MR (kNm)	Jarak pasang (meter)	R (meter)	N (kN)	P (kN)	Panjang Grouting (meter)
9	3067	1.097	2795.806746	4193.710119	1126.710119	2.4	18.46	362.56	448.15	9
10	3067	1.097	2795.806746	4193.710119	1126.710119	2.4	18.46	362.56	473.29	10

5. Dari dua penempatan elevasi *ground anchor* tambahan yang paling ekonomis adalah pada elevasi 10 meter diantara *ground anchor* eksisting. Maka evaluasi yang dilakukan untuk sisi jalan adalah dengan menambahkan *support ground anchor* tambahan pada elevasi 10 meter diantara *ground anchor* eksisting dengan jumlah 22 buah dan jarak c/c 2.4 meter sedangkan untuk kekuatan pada sisi golden city mall menggunakan temporary berm.

## 5.2. Saran

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa, penulis memberikan saran bahwa upaya yang dapat dilakukan adalah

1. Untuk perencanaan konstruksi penahan tanah yang lain diharapkan agar selalu memperhatikan faktor-faktor tambahan seperti adanya tambahan air pada tanah saat musim penghujan.

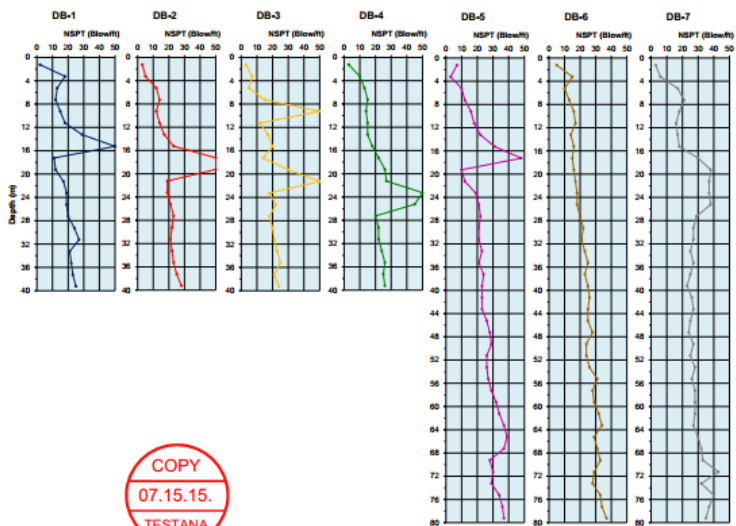


## DAFTAR PUSTAKA

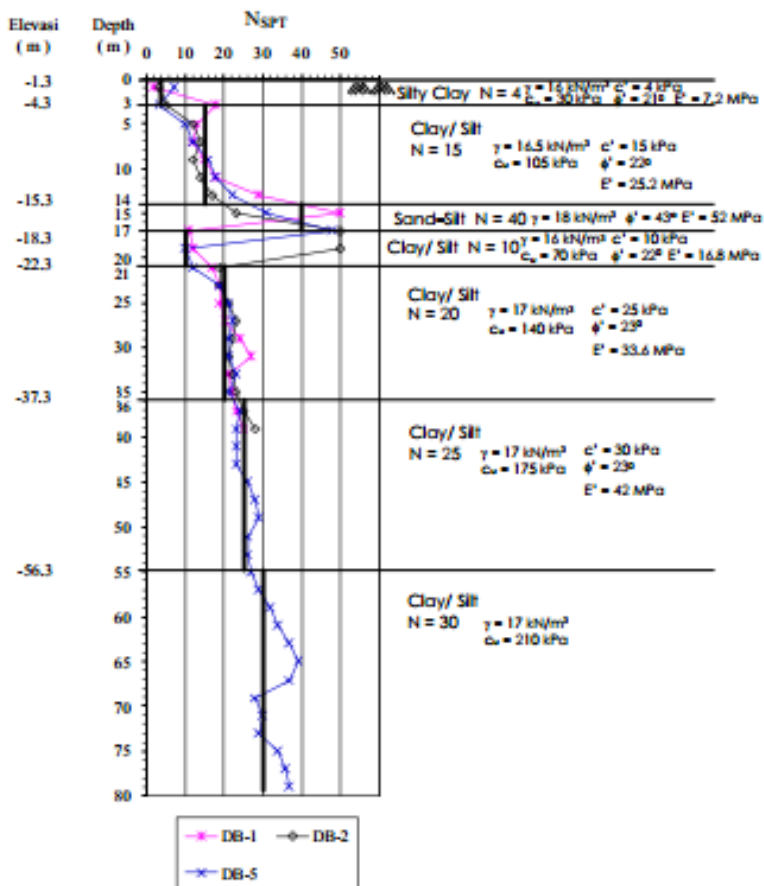
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta : BSNI.
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8460:2017)*. Jakarta : BSNI
- British Standard. (1989). *British Standard Code of practice for Ground Anchorage (BS 8081 : 1989)*. London : British Standard
- Das, Braja M. 1988. Mekanika Tanah : *Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. Mekanika Tanah : *Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Widyawati, Mita Octavenia. 2017. *Perencanaan Perkuatan Talud Pada Kasus Tanah Longsor di RSUD Balikpapan Menggunakan Ground Anchor dan Soldier Pile*. Surabaya : Departemen Teknik Sipil ITS
- Ou, C. Y. 2006. Deep Excavation : *Theory and Practice*. London: Taylor & Francis Group.
- Terzaghi, K. and Peck R.B. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice, 2<sup>nd</sup> edition*. Jakarta: Erlangga
- Wahyudi, H. (1999). *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya : ITS.

*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

**LAMPIRAN 1**  
**DATA TANAH**



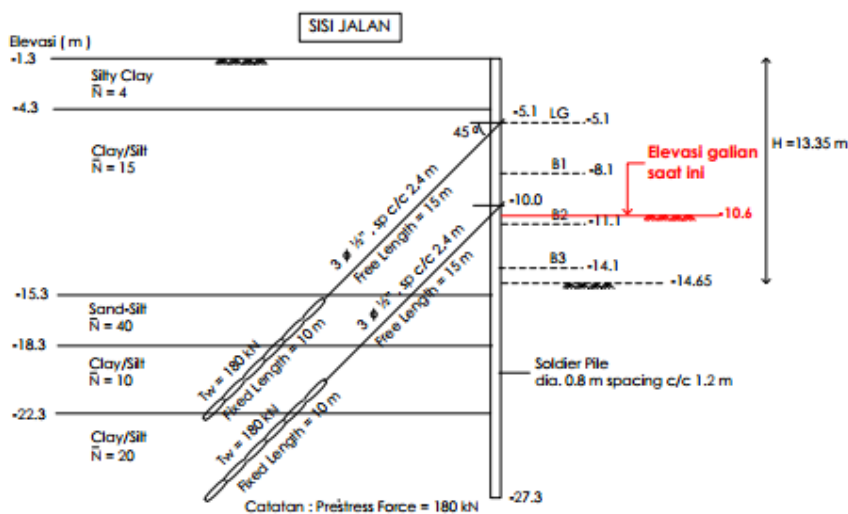
Gambar 8. Profil N<sub>SPT</sub> (blow/ ft) vs kedalaman (m).



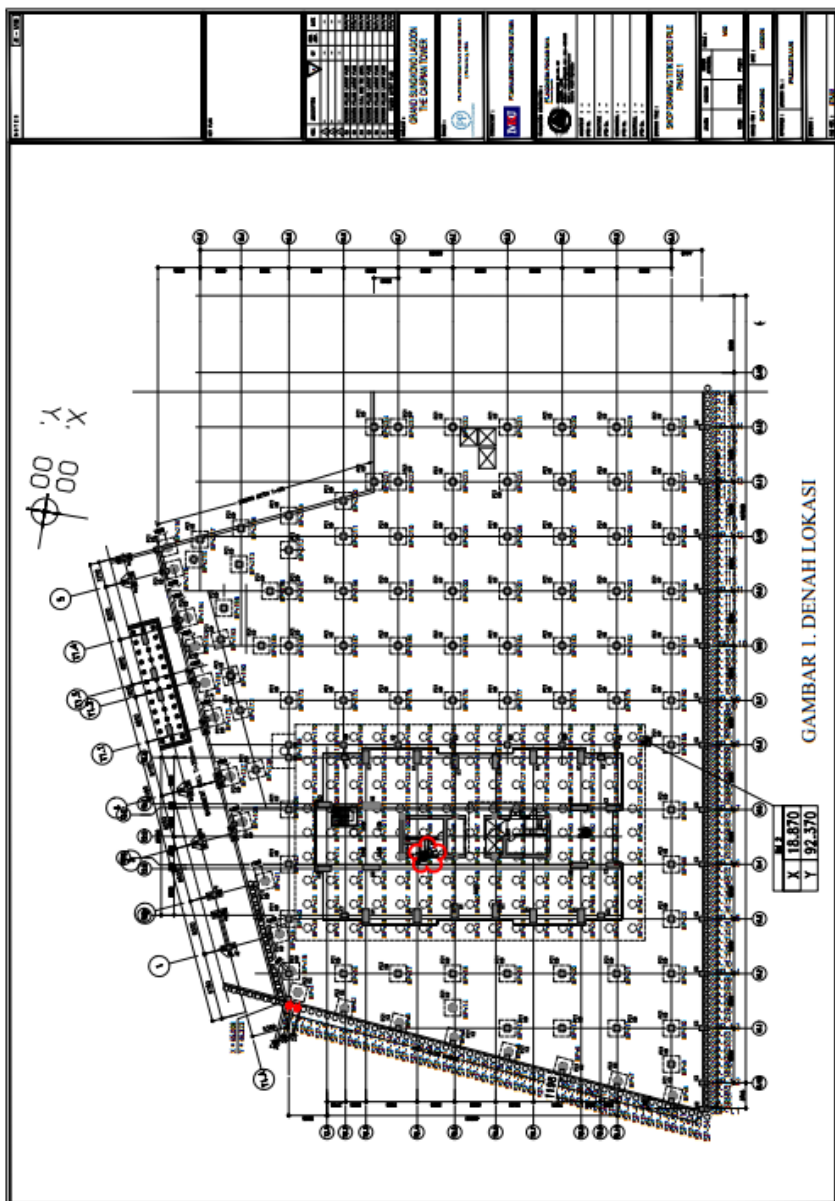
### PROFIL TANAH DAN PARAMETER TANAH

*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

**LAMPIRAN 2**  
**POTONGAN MELINTANG DAN DENAH LOKASI**








*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

**LAMPIRAN 3**  
**HASIL PROVING TEST**

 <b>FREYSSINET</b>	<b>PROJECT: CASPIAN TOWER</b>	
--	-------------------------------	--



  




<b>CALCULATION OF EXTENTION</b>							
DATE : <u>20/07/16</u>				CYCLE : 1			
TIME : <u>13.15</u>							
TYPE : 2 NO. 2							
Fpu FOR 1 STRAND		164 KN		Fpu FOR 3 STRANDS :		552 KN	
NUMBER OF STRAND		3 NOS.		FREE LENGTH :		16.28 M	
RAM AREA OF JACK		318 CM <sup>2</sup>		BOND LENGTH :		2.49 M	


  

No	% of Fpu (%)	Load (kN)	Gauge Reading (Psi)	Observ period (minutes)	Ram Extension (mm)	Total Extension (mm)	Remarks
1	5.00	27.8	130	1	15		
2	10.00	55.2	259	1	20		
3	15.00	82.8	389	1	30		
4	20.00	110.4	518	15	45	45-20 = 25	
5	15.00	82.8	389	1	39		
6	10.00	55.2	259	1	30		
7	5.00	27.8	130	1	20		

PT FREYSSINET TOTAL TECHNOLOGY 	PT MKO 	PT PP PROPERTY  
--	---	------------------------

 <b>FREYSSINET</b>	<b>PROJECT: CASPIAN TOWER</b>						
<b>CALCULATION OF EXTENSION</b> DATE : <u>20/07/16</u> <span style="float: right;">CYCLE : 2</span> TIME : <u>13, 37</u> TYPE : 2 <u>NO 2</u> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>           Fpu FOR 1 STRAND : 184 KN            NUMBER OF STRAND : 3 NOS.            RAM AREA OF JACK : 318 CM<sup>2</sup> </div> <div>           Fpu FOR 3 STRANDS : 552 KN            FREE LENGTH : 16.26 M            BOND LENGTH : 8.49 M         </div> </div>							
No	% of Fpu (%)	Load (KN)	Gauge Reading (Psi)	Observ- pered (Minutes)	Ram Extension (mm)	Total Extension (mm)	Reverse
1	5.00	27.6	130	1	20		
2	20.00	110.4	518	1	45		
3	25.00	136.0	648	1	55		
4	30.00	165.6	778	15	75	75 - 35 = 40	
5	20.00	110.4	518	1	61		
6	10.00	55.2	259	1	46		
7	5.00	27.6	130	1	35		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>           PT FREYSSINET            TOTAL TECHNOLOGY   </div> <div>           PT MKD   </div> <div>           PT PP PROPERTY  </div> </div>							

 <b>FREYSSINET</b>	<b>PROJECT: CASPIAN TOWER</b>
--	-------------------------------


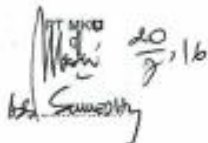
  


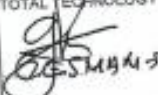

<b>CALCULATION OF EXTENSION</b>							
DATE: <u>20/07/16</u>				CYCLE : 3			
TIME : <u>13.58</u>							
TYPE : 2 NO 2							
Fpu FOR 1 STRAND		184 KN		Fpu FOR 3 STRANDS :		552 KN	
NUMBER OF STRAND		3 NOS.		FREE LENGTH :		16.20 M	
RAM AREA OF JACK		318 CM <sup>2</sup>		BOND LENGTH :		8.40 M	

No	% of Fpu (%)	Load (KN)	Gauge Reading (Psi)	Observ. period (Minutes)	Rat. Extension (mm)	Total Extension (mm)	Remarks
1	5.00	27.6	130	1	35		
2	30.00	185.6	778	1	76		
3	35.00	193.2	807	1	85		
4	40.00	220.8	1,037	15	98	98-42= 56	
5	30.00	185.6	778	1	89		
6	15.00	82.8	388	1	67		
7	5.00	27.6	130	1	42		


  

PT FREYSSINET TOTAL TECHNOLOGY 	PT MND 	PT PP PROPERTY  
--	---	------------------------

 <b>PROJECT: CASPIAN TOWER</b>							
<b>CALCULATION OF EXTENTION</b> DATE: <u>20/03/16</u> CYCLE: <u>4</u> TIME: <u>14, 19</u> TYPE: <u>2 NO2</u> Fpu FOR 1 STRAND: 184 KN Fpu FOR 3 STRANDS: 552 KN NUMBER OF STRAND: 3 NOS. FREE LENGTH: 16.25 M BOND LENGTH: 8.49 M RAM AREA OF JACK: 318 CM <sup>2</sup>							
No	% of Fpu (%)	Load (KN)	Gauge Reading (Pa)	Observ period (Minutes)	Ram Extension (mm)	Total Extension (mm)	Remarks
1	5.00	27.6	130	1	42		
2	40.00	220.8	1,037	1	103		
3	45.00	246.4	1,167	1	109		
4	50.00	276.0	1,296	15	121	121-50 = 71	
5	40.00	220.8	1,037	1	98		
6	20.00	110.4	516	1	50		
7	5.00	27.6	130	1	50		
PT FREYSSINET TOTAL TECHNOLOGY   PT MKO 20/3/16 AS. Sincerely							
PT PP PROPERTY							





 <b>FREYSSINET</b>	<b>PROJECT: CASPIAN TOWER</b>
--	-------------------------------

**CALCULATION OF EXTENTION**

DATE: 20/03/16

CYCLE: 6

TIME: 15,02

TYPE: 2 U. 2

Fpu FOR 1 STRAND  
NUMBER OF STRAND

184 KN  
3 NOS.

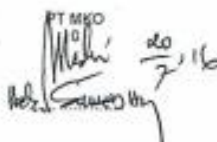
Fpu FOR 3 STRANDS : 522 KN  
FREE LENGTH : 18.28 M  
BOND LENGTH : 8.49 M

RAM AREA OF JACK 318 CM<sup>2</sup>

No	% of Fpu (%)	Load (KN)	Gauge Reading (Psi)	Observ- period (Minutes)	Ram Extension (mm)	Total Extension (mm)	Remarks
1	5.00	27.6	130	1	58		
2	60.00	331.2	1,955	1	151		
3	65.00	358.8	1,885	1	165		
4	70.00	386.4	1,815	15	176	176-70 = 106	
5	50.00	276.0	1,295	1	155		
6	30.00	165.6	775	1	112		
7	5.00	27.6	130	1	70		


PT FREYSSINET  
TOTAL TECHNOLOGY



PT MKO  


PT PP PROPERTY

.....

 <b>FREYSSINET</b>	<b>PROJECT: CASPIAN TOWER</b>
--	-------------------------------


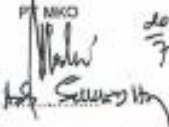
  

<b>CALCULATION OF EXTENTION</b>	
DATE : <u>20/07/16</u>	CYCLE : 7
TIME : <u>15.24</u>	
TYPE : 2 NO 2	
Fpu FOR 1 STRAND : 184 KN NUMBER OF STRAND : 3 NOS.	Fpu FOR 3 STRANDS : 552 KN FREE LENGTH : 15.26 M BOND LENGTH : 8.49 M
RAM AREA OF JACK : 315 CM <sup>2</sup>	

No	% of Fpu (%)	Load (KN)	Gauge Reading (mm)	Observ period (Minutes)	Ram Extension (mm)	Total Extension (mm)	Remarks
1	5.00	27.6	130	1	70		
2	70.00	386.4	1,815	1	186		
3	75.00	414.0	1,944	1	210		
4	80.00	441.6	2,074	15	250	250 - 129 = 121	✓
5	90.00	278.0	1,298	1	205		
6	90.00	165.6	778	1	180		
7	5.00	27.6	130	1	129		

PT FREYSSINET TOTAL TECHNOLOGY 	PT NIKO  <u>20/7/16</u>	PT PP PROPERTY .....
--	--	-------------------------



## PROJECT: CASPIAN TOWER

## CALCULATION OF EXTENTION

DATE: 20/02/16

CYCLE : 8

TIME: 15.45

TYPE: 2 No. 2

Fpu FOR 1 STRAND  
NUMBER OF STRAND184 KN  
3 NOS.Fpu FOR 3 STRANDS  
FREE LENGTH  
BOND LENGTH352 KN  
16.25 M  
5.48 M

RAM AREA OF JACK

318 CM<sup>2</sup>

No.	% of Fpu (%)	Load (KN)	Gauge Reading (PSI)	Observ. period (Minutes)	Rate Extension (mm)	Total Extension (mm)	Remarks
1	5.00	27.8	130	1	150		
2	70.00	386.4	1,815	1	}		
3	75.00	414.0	1,944	1			
4	80.00	441.0	2,074	15			
5	50.00	276.0	1,296	1	2200		Starts to slide
6	30.00	165.6	776	1			10 min
7	5.00	27.8	130	1			

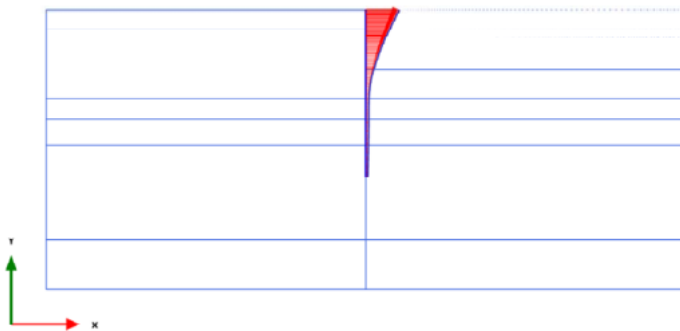
PT FREYSSINET  
TOTAL TECHNOLOGYPT MKO  
D

PT PP PROPERTI

*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

**LAMPIRAN 4**  
**HASIL EVALUASI PERKUATAN EKSISTING SAAT**  
**TERJADI DEFLEKSI 10.5 cm**

## PLOT DEFLEKSI SOLDIER PILE

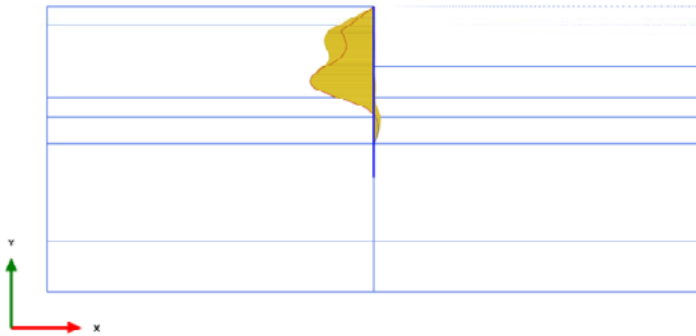


Total displacements  $u_x$  (scaled up 50.0 times)

Maximum value = 0.1050 m (Element 1 at Node 10635)

Minimum value =  $5.685 \times 10^{-3}$  m (Element 28 at Node 2904)

## PLOT MOMEN SOLDIER PILE

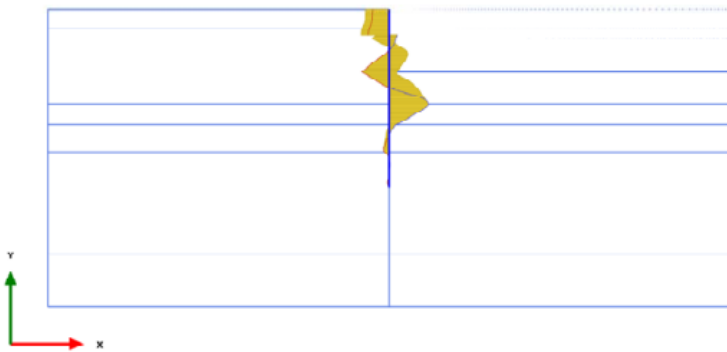


Bending moments M (scaled up 0.0200 times)

Maximum value = 51.52 kNm/m (Element 20 at Node 6099)

Minimum value = -486.3 kNm/m (Element 14 at Node 8566)

## PLOT SHEAR SOLDIER PILE



Shear forces Q (scaled up 0.0400 times)

Maximum value = 148.8 kN/m (Element 17 at Node 7708)

Minimum value = -102.4 kN/m (Element 4 at Node 10796)



## GAYA ANCHOR

Structural element	Node	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	Rotation [°]	Length [m]
Fixed-end anchor 1-1	10796	1	0.000	-5.100	362.157	0.000	362.157	-135.000	15.005
Fixed-end anchor 2-2	9572	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

*“Halalman ini sengaja dikosongkan ...”*

**LAMPIRAN 5**

**PERHITUNGAN TEKANAN TANAH SOLDIER  
PILE**

Z (m)	Lapisan	Point		Soil	q (kN/m2)	c	Ø	Tebal lapisan (m)	y' (kN/m <sup>3</sup> )	σ'v (kN/m <sup>2</sup> )		Ka	Kp	σ <sub>hs</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ <sub>hp</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
1.3	I	1	atas	1	10	30	0	0	0	10.00	1.00			-50.00	
4.3					10.00	30	0		16	58.00	1.00			-2.00	
15.3	II	2	bawah	2	58.00	105	0	3	16.5		1.00			-152.00	
18.3						105	0		16.5	239.50	1.00			29.50	
22.3	III	3	atas	3	239.50	0	0	11	18		1.00			239.50	
15.3						0	0		18	293.50	1.00			293.50	
18.3	IV	4	bawah	4	293.50	70	0	3	16		1.00			153.50	
22.3						70	0		16	357.50	1.00			217.50	
Do	V	5	atas	5	357.50	140	0	4	17		1.00			77.50	
0.0						140	0	Do	17	357.5 + 1700	1.00			17Do+77.5	
0.65	I	1	atas	2	0	105	0	0	0	0.00			1.00		210.00
0.65					0.00	105	0	0.65	16.5	10.73			1.00		220.73
3.0	II	2	bawah	3	10.73	0	0		18				1.00		10.73
3.0						0	0	3	18	64.73			1.00		64.73
4.0	III	3	atas	4	64.73	70	0		16				1.00		204.73
4.0						70	0	4	16	128.73			1.00		268.73
Do	IV	4	bawah	5	128.73	140	0		17				1.00		408.73
0.0						140	0	Do	17	128.73 + 17Do			1.00		17Do + 408.73
Do	AIR AKTIF	1			0			0	10	0	1.00			0	
Do					Do			21+Do	10	100o+210	1.00			10Do+210	
Do	AIR PASIF	4			0			0	10	0			1.00		0
Do					Do			7.65+Do	10	100o+76.5			1.00		100o+76.5

Titik	Tebal lapisan (m)	Bentuk	Y		B		Koef	Pa		Pa
			(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )		(kN/m)	(kN/m)	
P1	3.00	segitiga	3.00		-50.00	0.5		-72.00		0.00
P2	3.00	persegi panjang	3.00		-2.00	1		-6.00		0.00
P3	11.00	segitiga	9.20		-152.00	0.5		-834.90		0.00
P4	11.00	segitiga	1.80		29.50	0.5		26.55		26.55
P5	3.00	persegi panjang	3.00		239.50	1		718.50		718.50
P6	3.00	segitiga	3.00		293.50	0.5		81.00		81.00
P7	4.00	persegi panjang	4.00		153.50	1		614.00		614.00
P8	4.00	segitiga	4.00		217.50	0.5		128.00		128.00
P9	Do	persegi panjang	Do		77.50	1		77.5 Do		77.5 Do
P10	Do	segitiga	Do		17Do+77.5	0.5		8.5Do^2 + 38.75Do		8.5Do^2 + 38.75Do
Paw	21+Do	segitiga	21+Do		10Do+210	0.5		5Do^2 + 210Do + 2205		5Do^2 + 210Do + 2205

Titik	Tebal lapisan (m)	Bentuk	Y		B		Koef	Pp	
			(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )		(kN/m)	(kN/m)
P11	0.65	persegi panjang	0.65		210.00	1		136.50	
P12	0.65	segitiga	0.65		220.73	0.5		3.49	
P13	3.00	persegi panjang	3.00		10.73	1		32.18	
P14	3.00	segitiga	3.00		64.73	0.5		81.00	
P15	4.00	persegi panjang	4.00		204.73	1		818.90	
P16	4.00	segitiga	4.00		268.73	0.5		128.00	
P17	Do	persegi panjang	Do		408.73	1		408.73Do	
P18	Do	segitiga	Do		17Do + 408.73	0.5		8.5Do^2 + 204.365Do	
Ppw	7.65 + Do	segitiga	7.65 + Do		10Do+76.5	0.5		5Do^2 + 76.5Do + 292.6125	

Ket	Pai (kN)	Ph lengan (m)	Ph momen (kN-m)
P1	0.000	20 + Do	0
P2	0.000	19.5 + Do	0
P3	0.000	12.5 + Do	0
P4	26.550	10.67 + Do	26.55 Do + 283.29
P5	718.500	5.5 + Do	718.5 Do + 3951.75
P6	81.000	5 + Do	81 Do + 405
P7	614.000	2 + Do	614 Do + 1228
P8	128.000	1.33 + Do	128 Do + 170.24
P9	77.5 Do	0.5 Do	38.75 Do^2
P10	8.5Do^2 + 38.75Do	0.33 Do	2.833Do^3 + 12.92Do^2
Σ			2.833 Do^3 + 51.67Do^2 + 1568.050Do + 6038.28

Ket	Pai (kN)	Ph lengan (m)	Ph momen (kN-m)
P11	136.500	7.325 + Do	136.5 Do + 999.86
P12	3.486	7.217 + Do	3.4856 Do + 25.16
P13	32.175	5.5 + Do	32.175 Do + 176.96
P14	81.000	5 + Do	81 Do + 405
P15	818.900	2 + Do	818.9 Do + 1637.8
P16	128.000	1.33 + Do	128 Do + 170.24
P17	408.73Do	0.5 Do	204.365 Do^2
P18	8.5Do^2 + 204.365Do	0.33 Do	2.833 DO^3 + 68.12 Do^2
Σ			2.833Do^3 + 272.49Do^2 + 1200.06 Do + 3415.02

Ket	P (kN)	Ph lengan (m)	Ph momen (kN-m)
PaW	5Do^2 + 210Do + 2205	1/3 Do + 7	1.67 Do^3 + 105Do^2 + 2205Do + 15435
PpW	5Do^2 + 76.5Do + 292.6125	1/3Do + 2.55	1.67 Do^3 + 38.25Do^2 + 292.615Do + 746.16

**LAMPIRAN 6**  
**PERHITUNGAN ANCHOR TAMBAHAN**

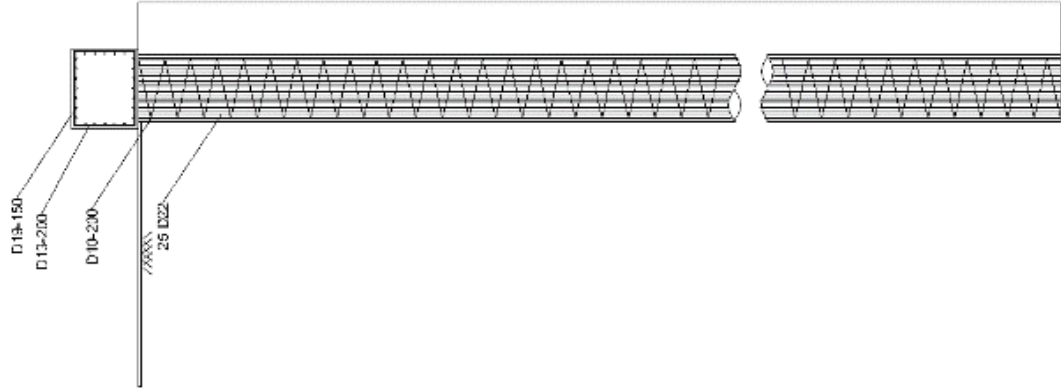
Elevasi Angkur (meter)	Mresisten (kNm)	SF Lapangan	Mdorong (kNm)	Mres rencana (kNm)	$\Delta$ MR (kNm)	Jarak pasang (meter)	R (meter)	N (kN)	P (kN)	Panjang Grouting (meter)
9	3067	1.097	2795.806746	4193.710119	1126.710119	2.4	18.46	362.56	448.15	9
10	3067	1.097	2795.806746	4193.710119	1126.710119	2.4	18.46	362.56	473.29	10



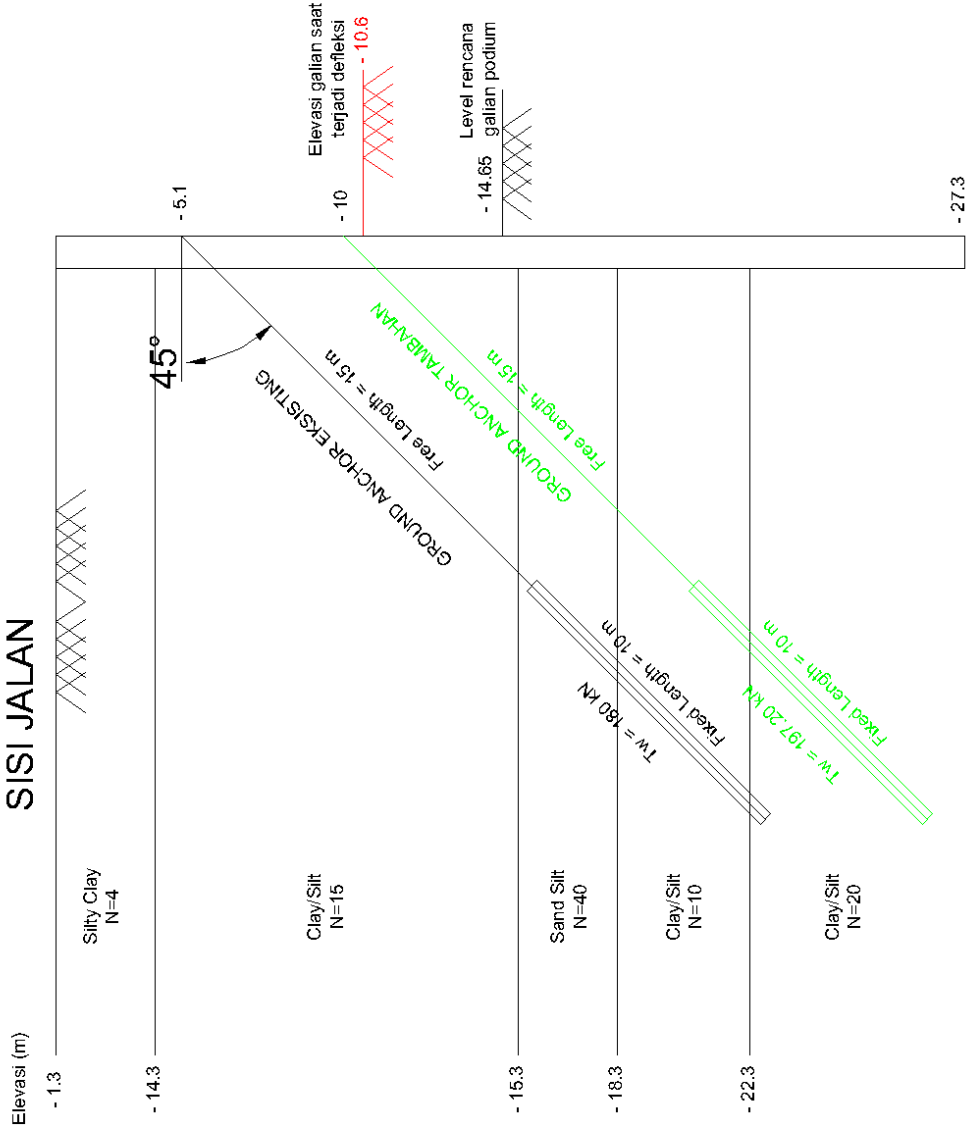
**LAMPIRAN 7**

**GAMBAR DESAIN PERENCANAAN**

JURNAL TEKNIK SIPIL PROJEK STUDI TENTANG PENGALIHAN FUNGSI DAN REHABILITASI INSTRUMEN TERSERANG	
JUDUL TUGAS AKHIR	EVALUASI DAN USULAN TINDAKAN REMEDIAL DALAM PERENCANAAN DINDING PERAHANTAN TANAH BASEMENT APARTEMEN CASPIAN TOWER DENGAN MENGGUNAKAN SOLDIER PILE PADA PROYEK GRAND SUNGKONG LAGOON SURABAYA
NAMA GAMBAR	
DETAIL SOLDIER PILE	
NAMA MAHASISWA / NRP	VICKIE IBNU FATHUL HUDA 03111440000039
DOSEN PEMBIMBING	Ir. Soewarno, M. Eng Prof. Ir. Noor Endah, Msc, PhD
SKALA GAMBAR	1:20 1:80
HALAMAN	



## SISI JALAN



Elevasi (m)

-1.3

Silty Clay  
N=4

-14.3

45

-5.1

Clay/Silt  
N=15

Elevasi galian saat terjadi defleksi

- - 10.6

---

NAMA MAHASISWA / NRP

VICKIE IBNU FATHUL HUDA  
031114000039

-15.3

Sand Silt  
N=40

-183-

Clay/Silt  
N=10

- 22.3

Clay/Silt  
N=20

- 27.3

**JUDUL TUGAS AKHIR**

EVALUASI DAN USULAN TINDAKAN  
REMEDIAL DALAM PERENCANAAN  
DINDING PENAHAN TANAH BASEMENT  
APARTEMEN CASPIAN TOWER DENGAN  
MENGGUNAKAN SOLDIER PILE PADA  
PROYEK GRAND SUNKONO LAGOON  
SURABAYA

NAMA GAMBAR

## GROUND ANCHOR TAMBAHAN

DOSEN PEMBIMBING

I. Soewarno, M. Endang

Prof. Ir. Noor Endah, Msc. PhD

SKALA GAMBAR

1.160

HALAMAN



Form AK/TA 04  
rev01

PROGRAM STUDI 5-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Soewarno, M.Eng
NAMA MAHASISWA	: VICKIE IBNU FATHUL HUDA.
NRP	: 03111490000039
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi dan Usulan Tindakan Remedial dalam Perencanaan Undling Penahan Tanah Basement Apartemen Cassian Tower dengan Menggunakan Soldier Pile pada Proyek Grand Kungkono Lagoon Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018
NO. SP-MMTA	: 020115 / IT2 VI 4 J / PP OS 06/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	20-01-2018	• Membicarakan kondisi tanah di proyek GSL dan penyebab defleksi.	• Kondisi tanah fix (parameter $\gamma$ tanah) dan Korelasi.	
2.	03-05-2018	• Asistensi perhitungan tekanan tanah dan plexis.	• Menghitung nilai $D_0$ dan panjang total turap (Soldier pile).	
3.	09-05-2018	• Asistensi nilai $D_0$ dan panjang total turap.	• Mencari nilai SF kritis, $M$ resisten, dan Radius untuk rencana CA.	
			• Merencanakan tulangan Soldier pile.	
4.	15-05-2018	• Asistensi nilai SF kritis, $M$ resisten, dan radius tulur dari program xtable.	• Rencana tulangan Soldier pile dengan pca-column	
5.	22-05-2018	• Asistensi momen yg didapat serta qser untuk cari tulangan soldier pile.	• Perencanaan angkur.	



Form AK/TA-04  
rev.01



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Soewarno, M.Eng.
NAMA MAHASISWA	: Vickre Ibnu Fathul Huda
NRP	: 0311149000039.
JUDUL TUGAS AKHIR	:
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018
NO.SP-MMTA	: 020115 / ITJ VI. 41 / PP 05 02.00 / 2018.

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	5-06-2018	Asistensi rencana Gaya angkur dan letak angkur pada Soldier Pile.	Asistensi hasil perhitungan	
7.	7-06-2018	Asistensi hasil perhitungan Ground Anchor dan posisi anchor.		



Form AK/TA 04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Vickie Ibnu Fathul Huda.
NRP	: 03111490000039.
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi dan Uraian Tindakan Remedial dalam Perencanaan Pondasi Penahan Tanah Basement Apartemen Caprian Tower dengan Menggunakan Soldier Pile pada Proyek Grand Cempaka Lodge Surabaya.
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018.
NO. SP-MMTA	: 02.0115 / IT2 VI 9.1 / FT 05 03 00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	21-01-2018	Asistensi kondisi tanah dan parameter yang digunakan untuk perencanaan.	Parameter tanah fix untuk desain perencanaan Asistensi SF kritis dan Momen dari program bantu xtable.	<u>Kon</u>
2.	03-05-2018	Asistensi hasil analisa dari xtable. Asistensi perhitungan tekanan tanah dan plaxis.	Perencanaan desain Soldier Pile.	<u>Kon</u>
3.	10-05-2018	Asistensi nilai $D_0$ (panjang total turap) Asistensi momen max yang digunakan untuk menghitung tulangan Soldier pile.	Perencanaan angkur. Asistensi tulangan fix soldier pile.	<u>Kon</u>
4.	21-05-2018	Perencanaan Angkur. Asistensi fix desain Soldier Pile.	Piercing Water usapaku Perbandingan Ground Anchor diantara existing dan pada declalaman gm.	<u>Kon</u>

## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir di Madiun, pada tanggal 05 Juni 1995 dengan nama lengkap Vickie Ibnu Fathul Huda. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu TK NASIONAL Madiun, SDN 01 Kartoharjo Madiun, SMPN 1 Madiun dan SMAN 2 Madiun. Setelah lulus dari SMAN 2 Madiun, penulis diterima di Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP 3114100039.

Di Departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang studi Geoteknik. Selama masa perkuliahan penulis aktif di organisasi bidang kemahasiswaan dan ormawa. Penulis aktif menjadi staff Kesejahteraan Anggota di UKM IBC dan staff Media Informasi di BEM FTSP ITS pada tahun kedua. Pada tahun ketiga penulis menjadi Kepala Departemen Big Event UKM IBC dan Kabi Media dan Relasi BEM FTSP ITS. Penulis juga pernah menjadi ketua kejuaraan bulu tangkis tingkat nasional yaitu ITS OPEN 2017. Penulis dapat dihubungi melalui email : [vickieibnu@gmail.com](mailto:vickieibnu@gmail.com)